WILO
Pumpen Intelligenz.

Abwassertechnik für die Wasserwirtschaft

Planungshandbuch – Grundlagen der Hydraulik und Elektrotechnik

2008

INHALT

Einleitung 5

Abwasser – eine Jahrtausendfrage 5
Gesetzliche Bestimmungen 6

Hydraulische Grundlagen 9

Funktion von Kreiselpumpen 9
Aufstellungsarten 9
Nassaufstellung oder stationäre Behälteraufstellung 10
Transportable Nassaufstellung 10
Stationäre Trockenaufstellung 11

Fördermedien/Laufradformen 13

Fördermedium (Rohabwasser, Schlämme) 13
Geschlossenes Einschaufelrad (Einkanalrad) 14
Geschlossenes Mehrschaufelrad (Mehrkanalrad) 14
Offenes Mehrschaufelrad mit Schneideinrichtung 14
Freistromrad (Wirbelrad) 15
Freistromrad mit Rührkopf 15
Schraubenrad 15
Propellerrad (Axialrad) 16
Laufradauswahl 17
Freier (Kugel–) Durchgang 17

Hydraulische Leistung 19

Förderstrom (Q) 19
Förderhöhe (H) 19
Fließgeschwindigkeit 20
Pumpenkennlinien 21
Anlagenkennlinie 23
NPSH–Wert 24
Kavitation 25
Leistung 26

Verschleiß 31

Verschleißarten 31
Werkstoffe im Pumpenbau 32
Werkstoffvergleich 35

Pumpstationen 37

Ermittlung der Fördermenge 39
Berechnung Pumpenschacht, Stauvolumen 40
Schachtausrüstung 41
Nassaufstellung 46
Trockenaufstellung 47
Zuverlässiger Abwassertransport 49
Feststofftrennsystem 49
Unterflurpumpwerke mit trocken aufgestellten Pumpen und Feststofftrennsystem 50
Druckstoßberechnung 51

Elektrotechnische Grundlagen 57

Elektrische Anlagen 59

Netzart 59
Schutzmaßnahmen (DIN VDE 0100–410) 61

Drehstrom-Asynchronmotoren 65

Allgemeiner Aufbau und Funktion 65
Anlaufverfahren 68
Betriebsarten 70

Produktspezifische Auslegung 73

Absicherung von Motoren 73
Motorschutz 73
Überwachungseinrichtungen 75
Kabel/Leitungen 80
Zulässige Strombelastbarkeit von Leitungen (DIN VDE 0298 Teil 4) 82

Steuer- und Regelungstechnik 85

Niveauerfassungssysteme 85
Schaltgeräte – kundenspezifische Lösungen 88

Besonderheiten im Betrieb mit Sanftanlaufgeräten oder Frequenzumrichtern 93

Sanftanlauf (Softstarter) 93
Frequenzumrichter 93

Explosions-Schutz 97

Errichten elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen 97
Elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen 98

Anhang 101

Allgemeine Hinweise 101
Tabellen und Diagramme zu Berechnungsbeispielen 102
Verwendete Abkürzungen 104
Formelsammlung 105
Werkstofftabellen 106
Fehleranalyse 109

Impressum 111

Einleitung

Abwasser – eine Jahrtausendfrage

Es ist ein ganz altes Thema, das die Menschen schon immer beschäftigte, sobald sie in größeren Ansiedlungen zusammenlebten – wohin mit dem Abwasser? Es ist das Thema des Städtebaus schlechthin, sei es in der Antike oder in der modernen Zeit.

Funktionen, die wir heute als selbstverständlich erachten, bewältigten die Ingenieure der Antike mit ausgeklügelten Systemen, basierend auf Schwerkraft und Mechanik. High-Tech-Materialien und Computerberechnungen ersetzten sie durch handwerkliches Können und erstaunlichen Ideenreichtum.

Das Problem „Abwasser“ scheint schon in historischen Zivilisationen von großer Bedeutung gewesen zu sein. Die ersten Abwasserkanäle sind bereits aus dem dritten Jahrtausend vor Christus dokumentiert. Während der minoischen Kultur wurde der Palast von Knossos mit einem gemauerten Kanalsystem und Rohren aus Terrakotta ausgestattet, um die Abwässer zu beseitigen.

Auch die Badekultur der Römer konnte ohne Abwassersysteme nicht auskommen. Nicht nur die Großstadt Rom wurde mit der bis heute noch erhaltenen Cloaca Maxima in den Tiber entwässert. Auch in Köln sind Teilstücke unterirdischer Abwasserkanäle aus der Römerzeit heute noch begehbar.

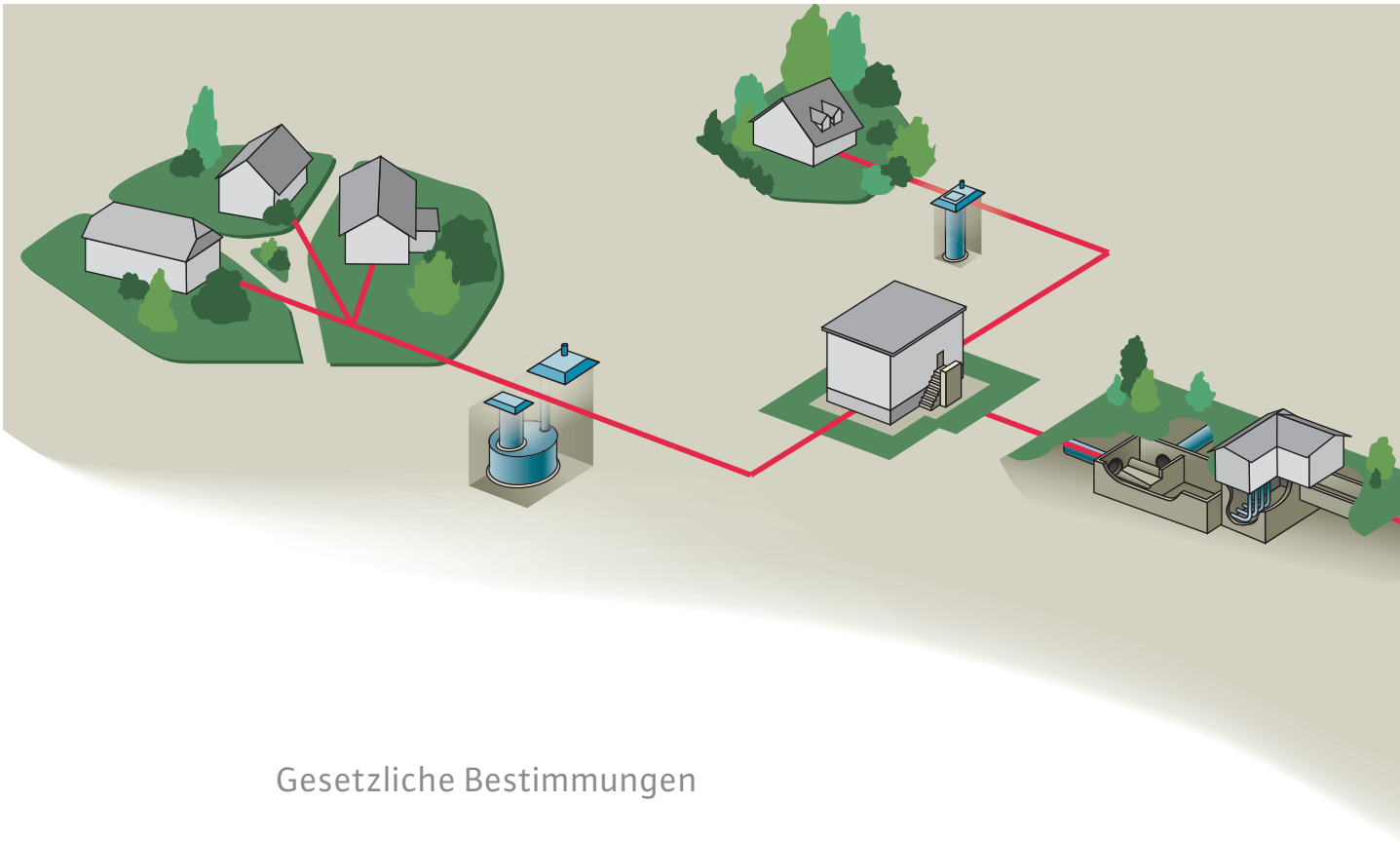
Je höher die Zahl an Menschen auf engem Raum anstieg, desto dringender wurde die Frage nach Beseitigung der menschlichen Exkremente. Dennoch herrschten vom Mittelalter bis in die Neuzeit für unsere Begriffe unvorstellbare Verhältnisse. Die Entwässerung erfolgte durch offene Rinnsteine über weite Strecken in das nächste fließende Gewässer.

Wer im ausgehenden Mittelalter in Berlin lebte, musste wie die meisten der sechstausend Einwohner ein Plumpsklo benutzen. Eine geschlossene Kanalisation gab es noch nicht und so vermischte sich Regenwasser, Abwasser und Gülle in der sprichwörtlichen Gosse, um ungeklärt in die Spree zu fließen.

Um 1870 war Berlin bereits eine Großstadt mit nahezu einer Million Menschen. Da die Etagenwohnungen selten Toiletten besaßen, suchten Mann und Frau die „Öffentlichen Bedürfnisanstalten“ auf, die in großer Zahl an Straßen und Plätzen standen und oft sogar geheizt wurden. Diese Toiletten waren zwar an das mittlerweile vorhandene Kanalnetz angeschlossen, aber die Einleitung in die Spree erfolgte noch immer ohne Kläranlage.

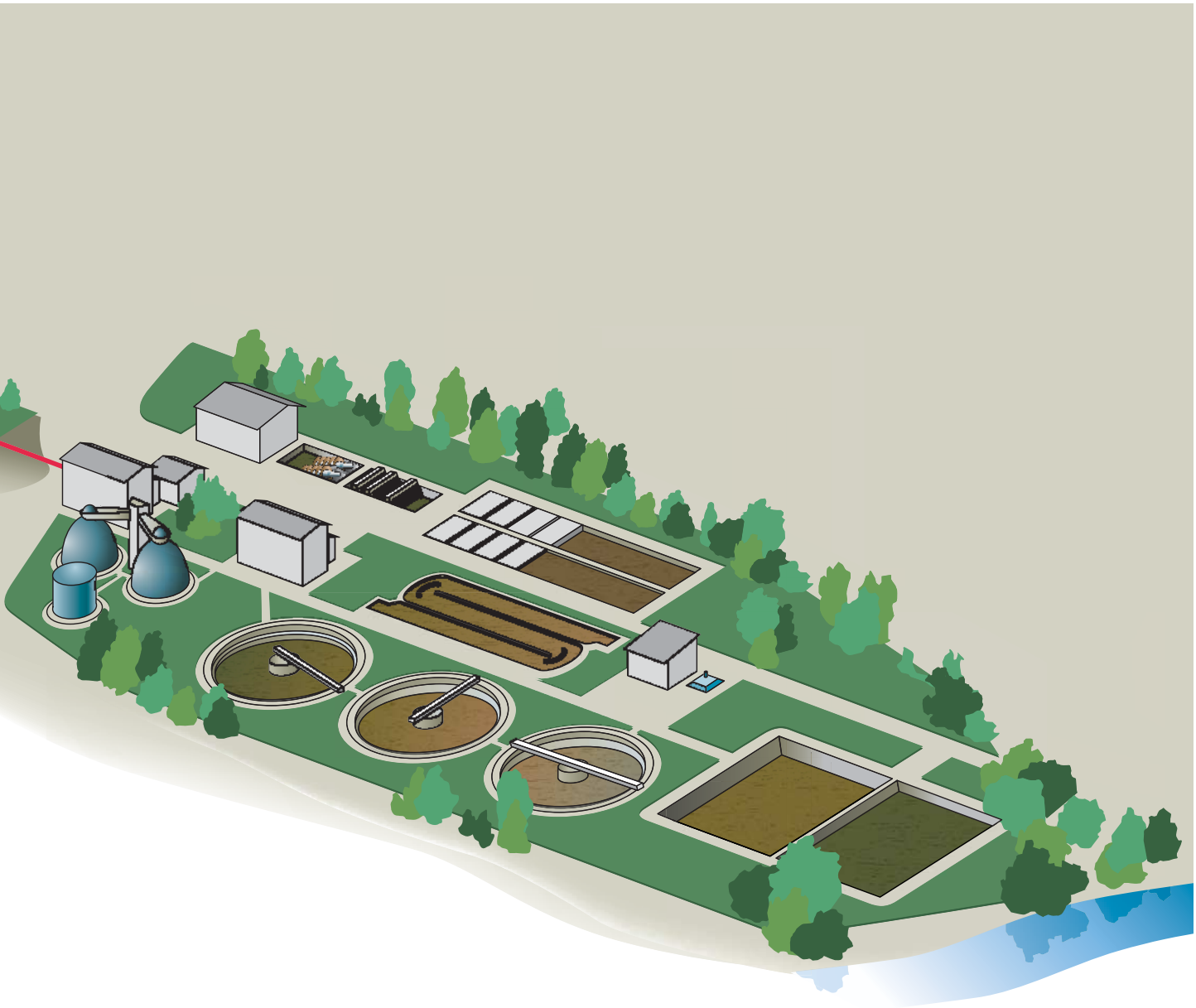
Mit Beginn der Industrialisierung und der damit rapide wachsenden Stadtbevölkerung wurde eine geregelte Abwasserentsorgung unausweichlich. Die Rolle des Vorreiters darf sich hierbei Hamburg zuschreiben. Dort entstand 1856 das erste deutsche zentrale Kanal- und Reinigungssystem.

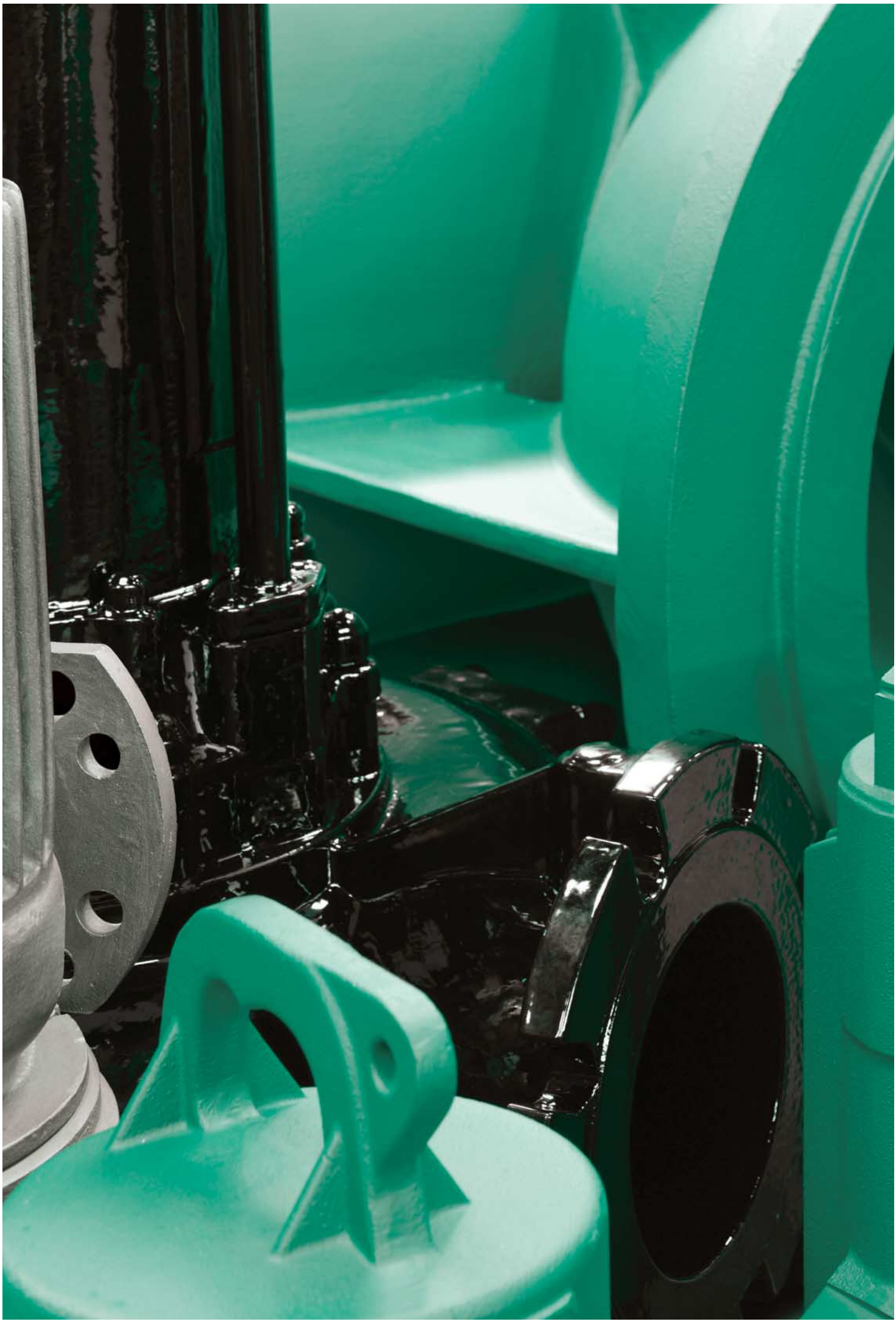
Diese wegweisende städtebauliche Maßnahme blieb dennoch ein weiteres Jahrhundert den größeren Städten vorbehalten. In ländlichen Gebieten wurde das Abwasser und Fäkalien weiterhin in Senk- und Sickergruben gesammelt. Erst zur Jahrtausendwende sorgten Gesetzesvorgaben dafür, dass auch private Haushalte nun fast überall an das Kanalnetz angeschlossen sind und die Abwässer in gereinigtem Zustand über Kläranlagen wieder dem natürlichen Wasserkreislauf zufließen.



Gesetzliche Bestimmungen

Hinweise auf Normen, Richtlinien, Arbeitsblätter (Auszug)	
DIN 4045	Abwassertechnik – Grundbegriffe
DIN EN 752 Teile 1–7	Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden
DIN EN 1671	Druckentwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden
DIN EN 1299	Mechanische Schwingungen und Stöße, Schwingungsisolierung von Maschinen
DIN 24260 Teil 1	Kreiselpumpen und Kreiselpumpenanlagen; Begriffe, Formelzeichen, Einheiten
DIN 24293	Kreiselpumpen – Technische Unterlagen – Begriffe, Lieferumfang, Ausführung
VDE 0100	Bestimmungen für das Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V
VDE 0105	Betrieb von Starkstromanlagen
VDE 0160	Ausrüstung von Starkstromanlagen mit elektronischen Betriebsmitteln
sowie u. a.: DIN EN 61800 Teil 3	Drehzahlveränderbare elektrische Antriebe
VDE 0165	Errichten elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen
VDE 0170/0171	Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche
DIN EN 50018	Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche, druckfeste Kapselung
VDE 0660	Niederspannungsschaltgeräte
sowie u. a.: DIN EN 60439 T 1–5	Niederspannungsschaltgeräte-Kombinationen
DIN EN 60947 T 1–7	Niederspannungsschaltgeräte





Hydraulische Grundlagen

Funktion von Kreiselpumpen

Pumpen sind erforderlich um Flüssigkeiten zu transportieren und die sich dabei einstellenden Durchflusswiderstände im Rohrsystem zu überwinden. Bei Pumpenanlagen mit unterschiedlichen Flüssigkeitsniveaus kommt dabei noch die Überwindung des geodätischen Höhenunterschiedes zur Geltung.

Kreiselpumpen sind nach der Art ihrer Konstruktion und nach der Art ihrer Energieumsetzung, hydraulische Strömungsmaschinen. Obwohl es eine Vielzahl von Bauarten gibt, ist in allen Kreiselpumpen gleich, dass die Flüssigkeit axial in ein Laufrad eintritt.

Ein Elektromotor treibt die Pumpenwelle an, auf der das Laufrad sitzt. Das durch den Saugstutzen und den Saughals axial in das Laufrad eintretende Wasser erhält von den Laufradschaufeln eine Umlenkung in eine radiale Bewegung (Ausnahme Propeller- und mehrstufige Pumpen). Die an jedem Flüssigkeitsteilchen angreifenden Fliehkräfte bewirken beim Durchströmen des Schaufelbereichs sowohl eine Erhöhung des Druckes als auch der Geschwindigkeit.

Nach dem Austritt aus dem Laufrad wird die Flüssigkeit im Spiralgehäuse gesammelt. Dabei wird durch die Gehäusekonstruktion die Strömungsgeschwindigkeit wieder etwas verlangsamt. Es erfolgt durch die Energieumwandlung eine weitere Erhöhung des Druckes. Eine Pumpe besteht aus folgenden Hauptbestandteilen:

- Pumpengehäuse
- Motor
- Laufrad

Aufstellungsarten

Es gibt in der kommunalen Tauchmotortechnik unterschiedlichste Aufstellungsarten. Diese richten sich vornehmlich nach dem Anwendungszweck und dem Investitionsvolumen.

Grundsätzlich unterscheiden wir drei Hauptaufstellungsarten:
- Nassaufstellung, stationär
- Nassaufstellung, transportabel
- Trockenaufstellung, stationär

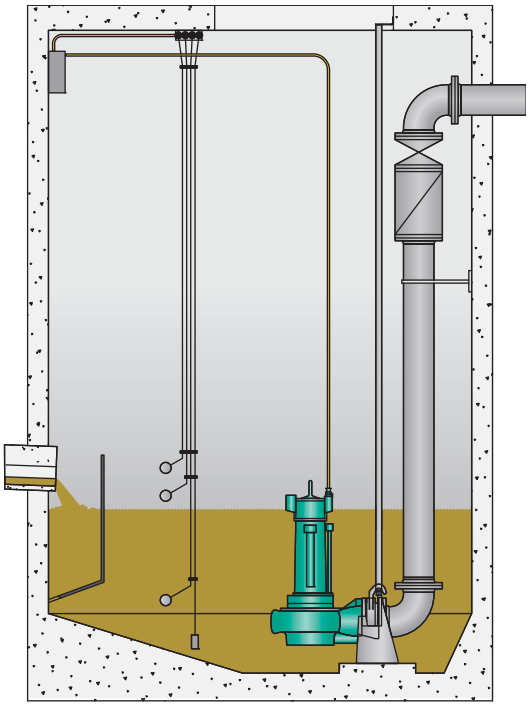
Zusätzlich kommen noch die Rohrschachteinbauten hinzu. Die Aufstellungsart hängt vornehmlich vom Wunsch des Planers und Betreibers ab. Es haben sich hier verschiedene, durchaus nachvollziehbare Standpunkte herausgearbeitet, die – für den einzelnen Anwendungsbereich – ihre Berechtigung haben.

Nassaufstellung oder stationäre Behälteraufstellung

Bei der Nassaufstellung wird die Pumpe in das zu fördernde Medium installiert. Die Kühlung des Motors erfolgt durch das umströmende Abwasser. Der Vorteil dieser Aufstellungsart liegt in den niedrigen Investitionskosten gegenüber aufwändigen Pumpwerkskonstruktionen für trockenaufgestellte Abwasserpumpen. Hier kann auf ein oberirdisches Bauwerk oder einen Zwischensockel im Schacht für die Pumpen verzichtet werden. Bei größeren Tiefen ist eine Zwischendecke erforderlich.

Die Befestigung der Pumpe erfolgt über eine Einhängevorrichtung mit Absenkmechanismus. Dies ermöglicht jederzeit das „Ziehen“ der Pumpe, zum Beispiel für Wartungsarbeiten.

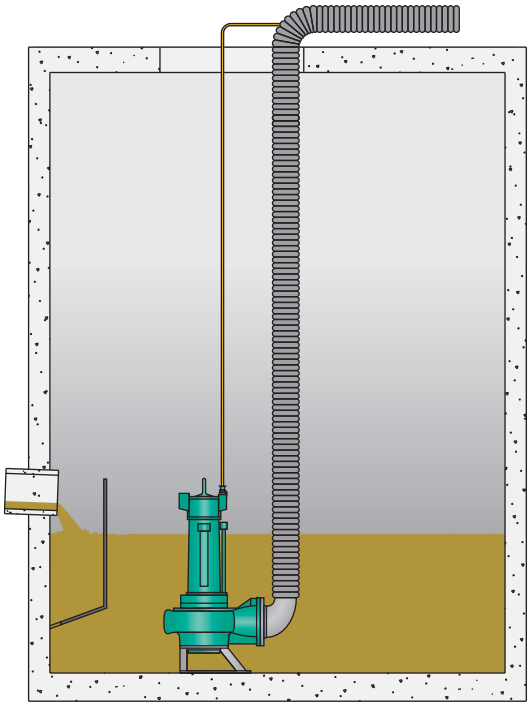
Kupplungsfuß und Krümmer werden meist aus einem Gussstück gefertigt. Die Führung besteht aus zwei Rohren, wodurch kein Verdrehen möglich ist. Der Wilo-Kupplungsflansch ist so gefertigt, dass das Herausfallen des Dichtungsringes durch eine Lippe verhindert wird.



An der Einhängevorrichtung wird die Druckleitung aus verzinktem Stahlrohr, oder idealerweise aus Edelstahlrohr, direkt mittels Flanschen angebaut und aus dem Pumpenschacht hinausgeführt. Der Schacht kann kostengünstig aus Fertigteilbetonschächten, die nach EN 1917 (nationale Ergänzung: DIN 4034 T1) mit Elastomerdichtungen ausgestattet sind, erstellt werden. Besser sind aber einteilige PEHD-Schächte ohne Fugen, da diese sicher sind vor Fremdwassereintritt.

Wie auf der Skizze erkennbar, bietet diese Aufstellungsart dem Betreiber die Möglichkeit von speziellen, auf seine Anforderungen zugeschnittenen Pumpensumpfgeometrien, das Verwenden von zusätzlichen Spülventilen oder den Anbau von Wirbelrädern mit spezieller Rührkopftechnologie.

Die Nachteile einer Nassaufstellung liegen in der fehlenden Wartungsfreundlichkeit. Zudem kann mit einer nassaufgestellten Abwassertauchpumpe der Wasserstand nur auf ein bestimmtes Niveau abgesenkt werden, da der Motor nur im getauchten Zustand optimal gekühlt werden kann.



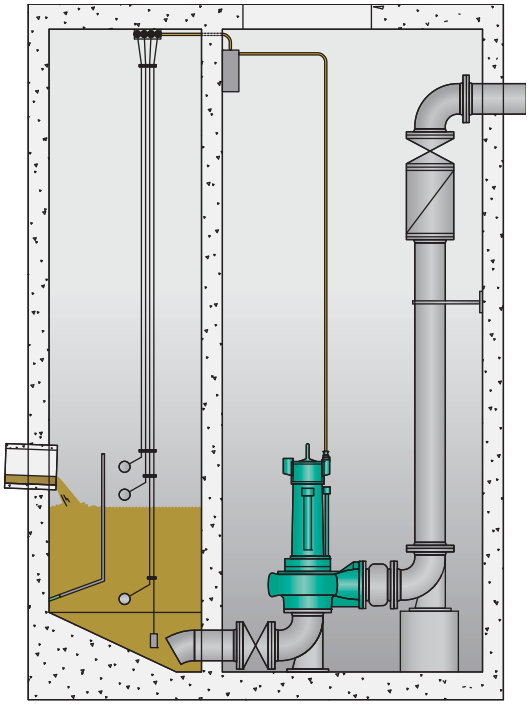
Transportable Nassaufstellung

Bei dieser Aufstellungsart wird der Motor gekühlt wie bei der stationären Nassaufstellung, die Pumpe wird jedoch nicht fest über eine Einhängevorrichtung im Pumpensumpf fixiert. Über ein Fußstück am Pumpengehäuse kann die Pumpe so in jedem beliebigen Schacht installiert werden. Mittels der passenden Kupplungen können am Druckstutzen Schläuche in entsprechender Länge installiert werden. Bei der Auswahl der Pumpe ist natürlich auch auf hydraulische Gegebenheiten, wie Fördermenge und Förderhöhe, sowie auf den NPSH-Wert der Pumpe zu achten.

Transportable Pumpen werden im kommunalen Bereich oft als Not- oder Restentleerungspumpen verwendet.

Stationäre Trockenaufstellung

Die Variante der Trockenaufstellung, insbesondere der trockenaufgestellten Tauchmotorpumpe, bietet eine Vielzahl von Vorteilen gegenüber trockenaufgestellten Pumpen, aber auch gegenüber nassaufgestellten Tauchmotorpumpen.



Aufstellungsprinzip einer trockenaufgestellten Tauchmotorpumpe

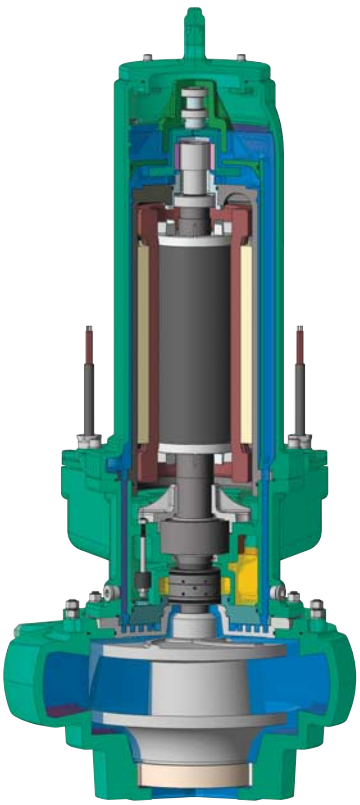
Der wesentliche Unterschied zu einer nassaufgestellten Tauchmotorpumpe ist die Konstruktion des Motors. Es handelt sich hier um einen vollgekapselten Motor mit einer internen Umlaufkühlung. Hierbei unterscheiden wir ein offenes Kühlsystem von einem geschlossenen Kühlsystem. Beim offenen Kühlsystem wird das zu fördernde Medium als Kühlmittel herangezogen. Bei einem geschlossenen System (Einkammer- oder Zweikammersystem) erfolgt die Kühlung durch ein externes Medium, wie zum Beispiel Wasser-Glykol oder medizinischem Weißöl, in einem abgeschlossenen Kreislauf.

Ein weiterer wesentlicher Unterschied zur nassaufgestellten Tauchmotorpumpe besteht darin, dass die trockenaufgestellte Tauchmotorpumpe nicht im zu fördernden Medium installiert wird. Bauwerkstechnisch ist hier ein Zwischensockel im Pumpwerk selbst erforderlich. Die großen Vorteile liegen in der Kombination. Zum einen bietet diese Tauchmotorpumpe alle Vorteile einer trockenaufgestellten Pumpe, zum anderen alle Vorteile einer Tauchmotorpumpe, wie zum Beispiel die Überflutungssicherheit.

Wie schon erwähnt wird die Pumpe in einem gesonderten Pumpenraum installiert. Die Befestigung der Pumpe erfolgt unspektakulär über einen Rohrkrümmer an der Zulaufleitung.

Vorteile gegenüber trockenaufgestellten Pumpen (keine Tauchmotorpumpen)

- überflutungssicher und somit mehr Betriebssicherheit
- wartungsarme Hartmetall-Gleitringdichtungen oder Dichtungskassetten
- keine Kupplungen bzw. Keilriemen, somit weniger Verschleißteile und geringerer Wartungsaufwand
- Ex-Schutz jederzeit möglich
- sauberes und hygienisches Arbeiten
- wartungsfreundlich



Interne Umlaufkühlung:

Interner Kühlkreislauf verhindert Unterbrechung der Kühlung.

Abgabe der Motorwärme über Wärmetauscher an das Fördermedium. Betriebstemperatur und thermische Beanspruchung der Bauteile bleiben gering.

Fördermedien/Laufradformen

Fördermedium (Rohabwasser, Schlämme)

Feststoffkonzentration

Je nach Feststoffkonzentration können in der Regel (grobe Richtlinie) folgende Pumpenarten eingesetzt werden:

bis 8 % Trockensubstanz (TS):
- Kanalrad und Freistromrad
- Schraubenkanalradpumpen

bis 12 % Trockensubstanz (TS):
- Schraubenradpumpen

ab 12 % Trockensubstanz (TS):
- Kolbenpumpen, Exzenterschneckenpumpen

Der kleinere Wert gilt für wasseraufnehmende Feststoffe, der größere für nicht wasseraufnehmende Feststoffe. Voraussetzung für eine einwandfreie Förderung ist in jedem Fall, dass das Fördermedium der Pumpe noch von alleine zufließt.

Zähigkeit

Die Kennlinien und die angegebenen Motorleistungen in den Typenblättern gelten für die Förderung von Wasser = $1{,}0 \times 10^{-6}$ m²/sek) Das Diagramm für Reibungsverluste gilt ebenfalls nur für Wasser. Ist die Zähigkeit des Fördermediums größer v = $1{,}5 \times 10^{-6}$ m²/sek. müssen folgende Punkte besonders beachtet werden:

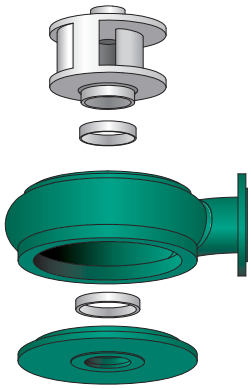
- erhöhte Reibungsverluste in der Rohrleitung (bei Ermittlung der Förderhöhe)
- erhöhter Leistungsbedarf der Pumpe (bei Ermittlung der Antriebsleistung)

Spezifisches Gewicht

Die angegebenen Motorleistungen in den Typenblättern gelten für das Fördermedium Wasser (= 1 kg/dm³).

Bei höherem spezifischem Gewicht des Fördermediums als dem von Wasser muss ein erhöhter Leistungsbedarf der Pumpe beachtet werden.

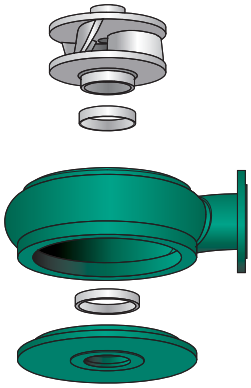
Geschlossenes Einschaufelrad (Einkanalrad)



Eigenschaften:
- weitgehend unempfindlich gegen Verstopfung
- größerer Kugeldurchgang
- geringe Verschleißanfälligkeit
- schonende Förderung
- Leistungskorrektur durch Abdrehen des Laufrades möglich
- hoher Wirkungsgrad
- für Feststoffkonzentration bis 8 % Trockensubstanz (TS), je nach Schlammart
- bei Verschleiß ist nur der Austausch von Spalt- und Laufring notwendig
- hydraulischer Axialschubausgleich durch Rückenschaufeln, dadurch geringe Lagerbelastung

Einsatzgebiete:
- Rohabwasser
- Umwälz- und Heizschlamm
- Mischwasser
- Roh- und Faulschlamm
- Belebtschlamm

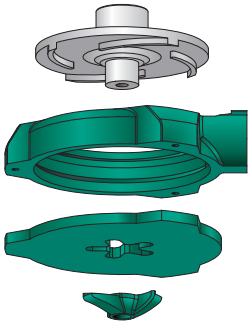
Geschlossenes Mehrschaufelrad (Mehrkanalrad)



Eigenschaften:
- ruhiger Lauf
- weitgehend unempfindlich gegen Verstopfung
- größerer Kugeldurchgang
- geringe Verschleißanfälligkeit
- schonende Förderung
- Leistungskorrektur durch Abdrehen des Laufrades möglich
- hoher Wirkungsgrad
- für Feststoffkonzentration bis 5 % Trockensubstanz (TS), je nach Schlammart
- bei Verschleiß ist nur der Austausch von Spalt- und Laufring notwendig
- hydraulischer Axialschubausgleich durch Rückenschaufeln, dadurch geringe Lagerbelastung

Einsatzgebiete:
- rechengereinigtes Abwasser
- mechanisch geklärtes Abwasser
- industrielles Schmutzwasser
- Deponiewasser
- Belebtschlamm
- Industrieabwässer

Offenes Mehrschaufelrad mit Schneideinrichtung



Das vorgeschaltete Schneidsystem zerkleinert die Beimengungen im Abwasser auf die erforderliche Größe. Das Schneidsystem besteht aus einem Abrasitschneidwerk und einer Schneidplatte aus dem Werkstoff 1.4034.

Das Schneidsystem hat eine bedienungsfreundliche Einstellmöglichkeit für verschiedene Spaltabstände.

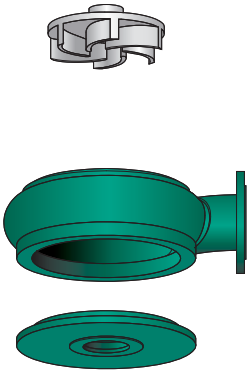
Eigenschaften:
- weitgehend unempfindlich gegen Verstopfung
- kleiner Kugeldurchgang
- empfindlich bei verschleißenden Fördermedien z. B. Sand

Einsatzgebiete:
- häusliches Abwasser
- Schmutzwasser
- Fäkalien
- geeignet für Niederdruckentwässerung

Freistromrad (Wirbelrad)

Eigenschaften:
- sehr verstopfungsarm
- keine Spaltabdichtung
- optimaler Kugeldurchgang
- teilweise für gasende Medien geeignet
- Leistungskorrektur durch Abdrehen des Laufrades möglich
- geringerer Wirkungsgrad im Vergleich zum Kanalrad
- für Feststoffkonzentration bis 8 % Trockensubstanz (TS), je nach Schlammart
- unempfindlich bei faser- und textilhaltigem Abwasser
- hydraulischer Axialschubausgleich durch Rückenschaufeln, dadurch geringe Lagerbelastung
- verschleißarm
- auch für gasende Medien einsetzbar

Einsatzgebiete:
- Rohabwasser
- Belebtschlamm
- Roh- und Faulschlamm
- Mischwasser
- Fördermedien mit problematischen Bestandteilen
- Fördermedien mit verschleißenden Bestandteilen



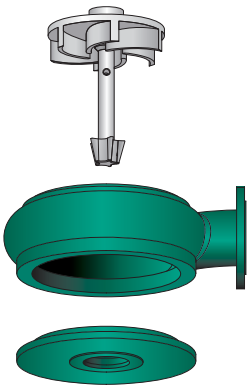
Freistromrad mit Rührkopf

Der Rührkopf ist eine mechanische Rührvorrichtung und bildet mit dem Freistromrad eine Einheit. Dadurch wird der Bereich des Pumpeneinlaufs aufgewirbelt und feste Ablagerungen werden gelockert und gefördert. Durch die eng begrenzte Strömungszone wird das Absetzen des Sandes nicht gestört.

Der Rührkopf besteht aus dem hoch verschleißfesten Sonderwerkstoff Abrasit.

Eigenschaften:
- siehe Freistromrad
- Auflockerung verfestigter Sandablagerungen
- hohe Verschleißfestigkeit
- selbstreinigender Rührkopf

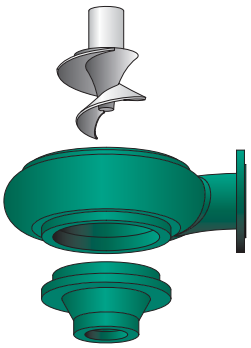
Einsatzgebiete:
- im Sandfang
- Kies- und Schotteranlagen
- Schlammteiche
- Absetzbecken
- überall, wo sich Absetzungen bilden können



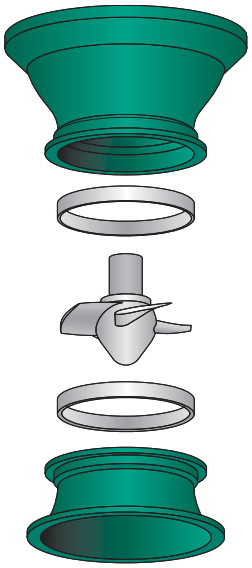
Schraubenrad

Eigenschaften:
- für stark viskose Medien
- kleiner Kugeldurchgang
- empfindlich bei verschleißenden Medien (z. B. Sand)
- sehr schonende Förderung
- Leistungskorrektur nur geringfügig möglich
- für Feststoffkonzentration bis 12 % Trockensubstanz (TS), je nach Schlammart
- Leistungsaufnahme mit zunehmendem Förderstrom gleichbleibend

Einsatzgebiete:
- Umwälz- und Heizschlamm
- Roh- und Faulschlamm
- viskose Fördermedien
- Medien bis 12 % Trockensubstanz (TS)-Gehalt



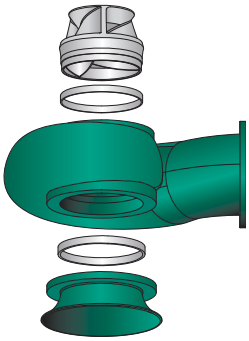
Propellerrad (Axialrad)



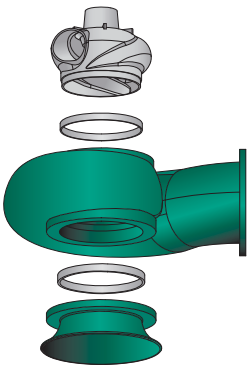
Eigenschaften:
- für sehr große Fördermengen bei sehr geringer Förderhöhe
- hoher Wirkungsgrad
- Leistungsaufnahme mit zunehmendem Förderstrom sinkend
- darf nicht gegen geschlossenen Schieber betrieben werden

Einsatzgebiete:
- Fördermedien mit geringer Verschmutzung
- Regenwasser
- Rücklaufschlamm
- Umwälzen von Belebtschlamm
- Schöpfwerke usw.

Weitere Laufradformen sind das Halbaxialrad und das Topflaufrad:



Halbaxialrad



Topflaufrad

Änderungen vorbehalten 10/2008 WILO SE

Laufradauswahl

Die genaue Auswahl des richtigen Laufrades ist abhängig von:
- den Einsatzverhältnissen,
- den Anlagenbedingungen,
- dem Betriebspunkt der Pumpe
- und vielen anderen Faktoren.

Diese Faktoren müssen von Fall zu Fall sorgfältig geprüft werden!

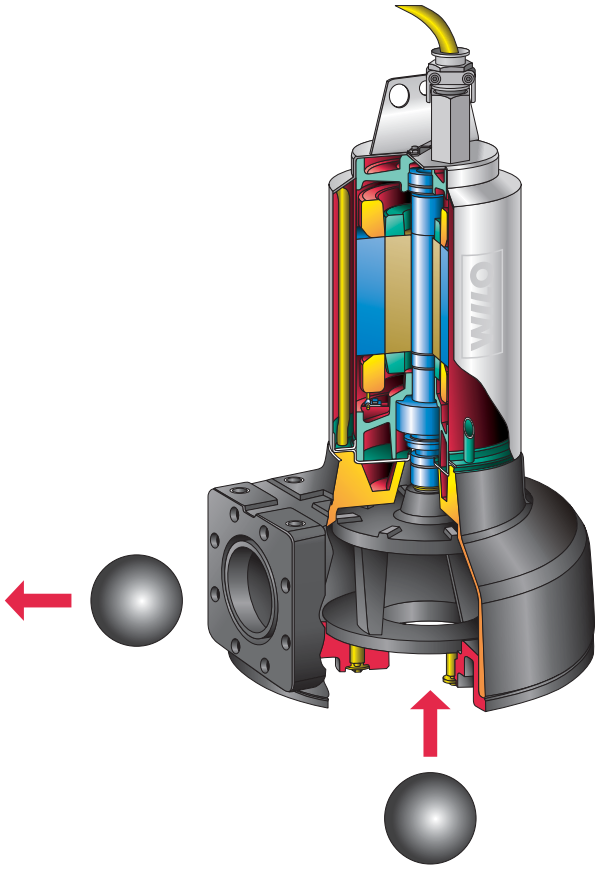
Eigenschaften von Laufrädern

	Verstopfungs-freiheit	Kennlinienverlauf ++ = sehr steil – = sehr flach	Förderung gashaltiger Medien	Schlamm-förderung	Wirkungsgrad	Laufruhe	Verschleiß-festigkeit (*mit Lauf- & Spaltring)
Freistromrad	+++	–/+	+	+	0	+++	+++
Geschlossenes Einschaufelrad	++	+	–	+	++	+	++*
Geschlossenes Mehrschaufelrad	+	+	0	+	++	++	++*
Schraubenrad	+	++	++	+++	++	+	0
Halbaxialrad	+	+	0	0	+++	++	+*
Axialrad	–	++	0	–	+++	++	0
Topflaufrad	+++	++	+	+	++	+++	++*

+++ = optimal; ++ = sehr gut; + = gut, o = eingeschränkt; – = ungünstig

Freier (Kugel-) Durchgang

Abwasserpumpen mit ihren hydraulischen Teilen sind an die unterschiedlichen Beschaffenheiten und die entsprechenden Bestandteile der Fördermedien angepasst. Es ist jedoch zu beachten, welche Konstruktionsform des Laufrades am besten zu dem entsprechenden Medium mit seiner Zusammensetzung passt. Eine Vergrößerung des freien Kugeldurchgangs bedeutet eine Reduzierung des hydraulischen Wirkungsgrades. Dies führt zu größeren Motorleistungen bei gleichem hydraulischen Ergebnis, was sich auf Betriebs- und Anschaffungskosten auswirkt. Eine gewissenhafte Auslegung ist wichtig:
- wirtschaftliche Aspekte
- störungsfreier Betrieb der Abwasserpumpen
- Betriebssicherheit



WILO
K
D
K

Hydraulische Leistung

Förderstrom (Q)

Der Förderstrom Q ist der von der Pumpe geleistete hydraulische Volumenstrom (abgeförderte Menge an Medium) innerhalb einer bestimmten Zeiteinheit wie z. B. l/s oder m³/h. Die für interne Kühlung notwendigen Umwälzungen oder Leckageverluste sind Verlustleistungen, die nicht dem Förderstrom zugerechnet werden.

Bei der Angabe der Fördermenge unterscheidet man zwischen:
- Bestpunkt der Pumpe (Q_{opt})
- maximalem Volumenstrom (Q_{max})
- kleinstemVolumenstrom (Q_{min})

Förderhöhe (H)

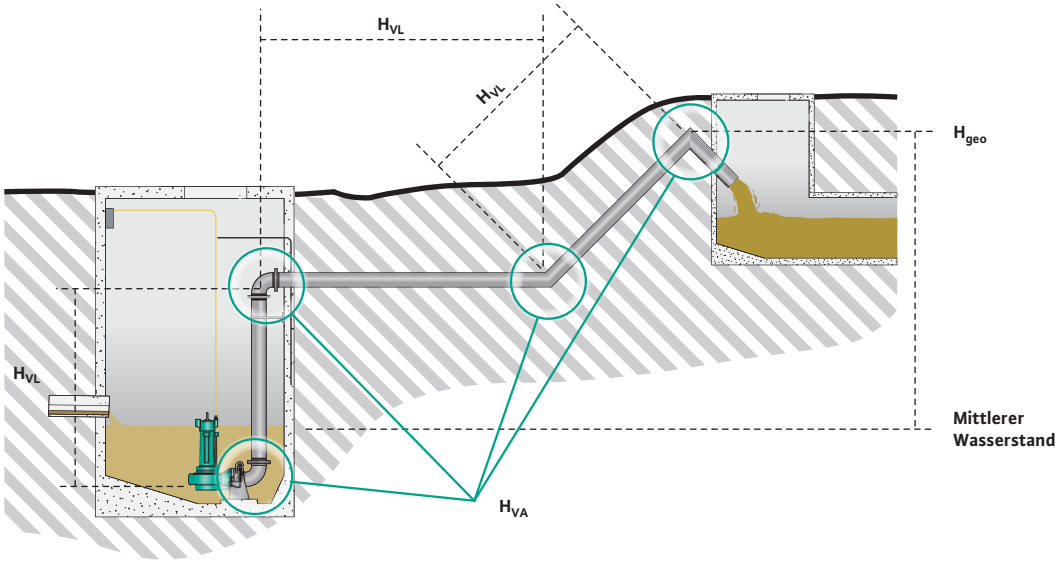
Als Förderhöhe H einer Pumpe bezeichnet man die Energiedifferenz des Mediums zwischen Ein- und Austritt der Pumpe. Die Einheit der Förderhöhe ist m bzw. bar (10 m ~ 1 bar). Die Energieanteile werden hierbei als Energiehöhen (= Förderhöhe) ausgedrückt. Der Druck ist hierbei eine Komponente der Energiehöhe, wird jedoch umgangssprachlich als Synonym der Energiedifferenz benutzt (Energiedifferenz = Druck).

Die von der Pumpe zu erbringende Förderhöhe (Energiedifferenz) ist die Summe aus geodätischen Höhenunterschied (= statischer Höhenunterschied) und den Druckverlusten (= Verlusthöhe) in Rohrleitungen und Armaturen.

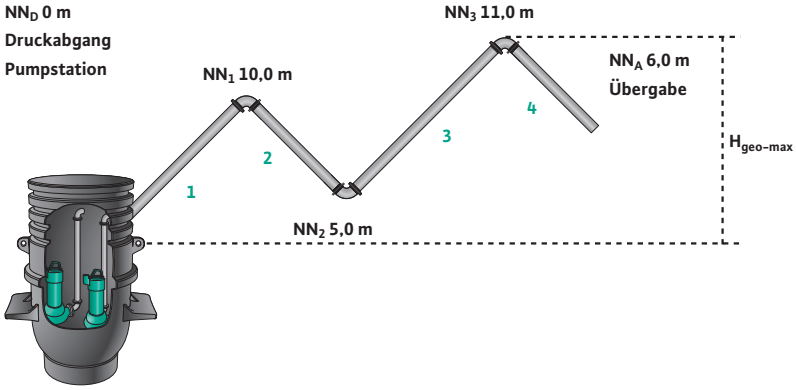
$H_{max} = H_{geo} + H_{VL} + H_{VA}$

Bei der Angabe der Förderhöhe ist eine genaue Bezeichnung des Druckes zu beachten. Es ist ein grundlegender Unterschied zwischen dem Druck im optimalen Betriebspunkt, dem Druck bei bestem Wirkungsgrad der Pumpe (H_{opt}) und dem maximalen Druck der Pumpe (H_{max}). Durch missverständliche Angaben, resultierend in einer Überdimensionierung bzw. der Auswahl von zu kleinen Pumpen, können in der Installation und am Aggregat Schäden entstehen und Systeme kurzfristig ausfallen. Mögliche Hochpunkte sind hierbei entsprechend zu berücksichtigen, d. h. der max. höchste Punkt der Rohrleitung ist ($H_{geo-max}$).

Bei nicht stetig verlegten Druckrohrleitungen ohne Entlüftung sind die Einzelwerte gemäß der Höhenveränderungen zu addieren. Dies ist dadurch bedingt, dass aufgrund der einzelnen Höhenunterschiede Teilfüllungen der Leitungen am wahrscheinlichsten sind und somit mehrere überlagerte Wassersäulen addiert werden müssen.



H_{VL} = Druckverluste in Rohrleitungen
H_{VA} = Druckverluste in Armaturen und Bögen
H_{geo} = Druckverlustdurch Höhenunterschied



Bei Teilfüllung werden die steigenden Teilstränge addiert:

$$H_{geo-max} = (NN_1 - NN) + (NN_3 - NN_2)$$
$$= [10\ m - (-1\ m)] + (11\ m - 5\ m)$$
$$= 17\ m$$

Wäre von einer Vollfüllung des Rohrleitungsnetzes auszugehen, müsste lediglich die geodätische Höhendifferenz zwischen mittlerem Wasserstand des Behälters und dem Hochpunkt berechnet werden.

Bei Vollfüllung:

$$H_{geo} = NN_3 - NN = 11{,}0\ m - (-1\ m)$$
$$= 12\ m$$

Fließgeschwindigkeit

Im Abwasser befindliche Fest- und Sinkstoffe können sich in Rohrleitungen ablagern und so zu einer Verstopfung des Entwässerungssystems führen. Um ein Zusetzen von Rohrleitungen zu verhindern, ist die Einhaltung von folgenden Mindestfließgeschwindigkeiten zu empfehlen:

		Empfehlung gemäß DWA A 116-2
Druckrohrleitung	Waagerechte Rohrleitungen	V_{min} = 0,7–1,1 m/s*
	Senkrechte Rohrleitungen	V_{min} = 1,0–1,5 m/s
	Dükerleitungen	V_{min} = 2,0–3,0 m/s
Druckluftgespülte Leitungen	EN 1671	$0{,}7 \leq V_{min}$
Nicht gespülte Leitungen	DWA-DVWK A 134	$0{,}7 \leq V_{min} \leq 2{,}5$

** bis DN 100 0,70 m/s*
bis DN 150 0,80 m/s
bis DN 200 0,90 m/s
bis DN 250 0,95 m/s
bis DN 300 1,00 m/s
bis DN 400 1,10 m/s

Je nach Zusammensetzung des Fördermediums (z. B. hohe Sandanteile, Schlammförderung) können die o. g. Werte höher liegen. Jedoch sind die jeweiligen regionalen und nationalen Normen und Richtlinien zu beachten. Die Fließgeschwindigkeit ist bestimmt durch den durchgesetzten Volumenstrom (m³/s) pro Fläche (m²) und sollte im Allgemeinen zwischen 0,7 m/s bis 2,5 m/s liegen. Folgendes ist bei der Auswahl des Rohrleitungsdurchmessers zu beachten: Je größer die Fließgeschwindigkeit, desto

- weniger Ablagerungen
- höhere Rohrleitungsverluste
- unwirtschaftlicher
- höher die Gefahr des Verschleißes

Pumpenkennlinien

Die Druckerhöhung in der Pumpe wird als Förderhöhe bezeichnet.

Definition der Förderhöhe

Die Förderhöhe einer Pumpe H ist die von der Pumpe auf die Förderflüssigkeit übertragene nutzbare mechanische Arbeit, bezogen auf die Gewichtskraft der geförderten Flüssigkeit bei der örtlichen Fallbeschleunigung.

$$H = \frac{E}{G} \text{ [m]}$$

E = nutzbare mechanische Energie [N • m]
G = Gewichtskraft [N]

Dabei sind die in der Pumpe erzeugte Druckerhöhung und der durch die Pumpe fließende Förderstrom voneinander abhängig. Diese Abhängigkeit wird in einem Diagramm als Pumpenkennlinie dargestellt.

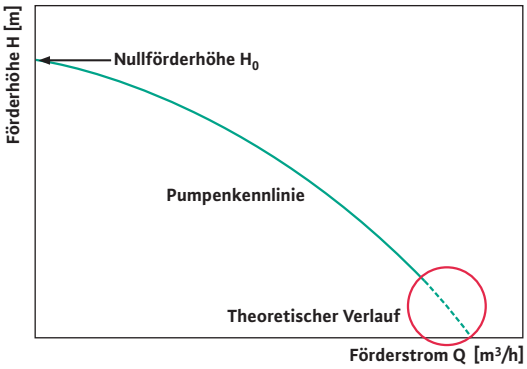
Auf der senkrechten Achse, der Ordinate, wird die Förderhöhe H der Pumpe in Metern [m] aufgetragen. Andere Achsenskalierungen sind möglich. Dabei gelten folgende Umrechnungswerte:

10 m ≈ 1 bar = 100.000 Pa = 100 kPa

Auf der waagerechten Achse, der Abszisse, befindet sich die Skalierung für den Förderstrom Q der Pumpe in Kubikmetern je Stunde [m³/h]. Auch eine andere Achsenskalierung z. B. (l/s) ist möglich.

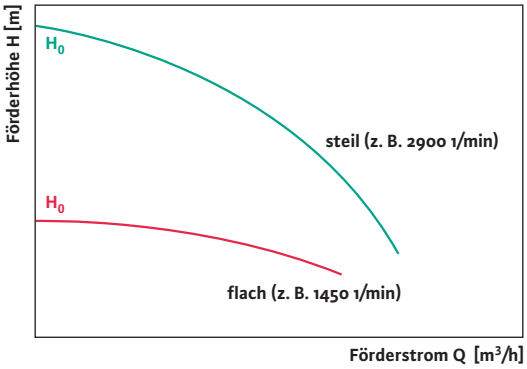
Der Kennlinienverlauf zeigt folgende Zusammenhänge: Die elektrische Antriebsenergie wird (unter Berücksichtigung des Gesamtwirkungsgrades) in der Pumpe in die hydraulischen Energieformen Druckerhöhung und Bewegung, umgesetzt. Läuft die Pumpe gegen ein geschlossenes Ventil, so entsteht der maximale Pumpendruck. Man spricht von der Nullförderhöhe H_0 der Pumpe. Wird das Ventil langsam geöffnet, beginnt das Fördermedium zu strömen. Dadurch wird ein Teil der Antriebsenergie in Bewegungsenergie umgesetzt. Der ursprüngliche Druck kann dann nicht mehr gehalten werden. Die Pumpenkennlinie erhält einen abfallenden Verlauf. Theoretisch wird der Schnittpunkt der Pumpenkennlinie mit der Volumenstromachse erreicht, wenn das Wasser nur noch Bewegungsenergie enthält und kein Druck mehr aufgebaut wird. Da ein Rohrleitungssystem aber immer einen inneren Widerstand hat, enden die realen Pumpenkennlinien vor dem Erreichen der Förderstromachse.

Pumpenkennlinie



Pumpenkennlienform

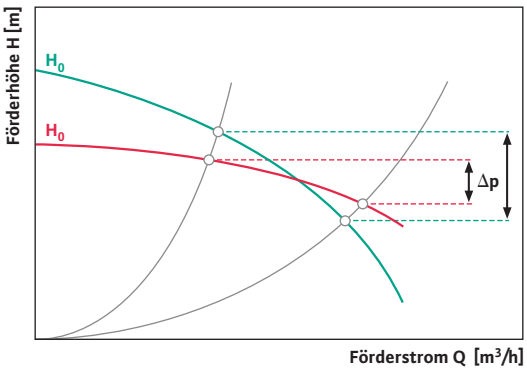
Das folgende Bild zeigt die unterschiedliche Steilheit von Pumpenkennlinien, die z. B. in Abhängigkeit zur Motordrehzahl entstehen können.



Dabei ergeben sich je nach Steilheit und Betriebspunktänderung unterschiedliche Förderstrom- und Druckänderungen:

- flach verlaufende Kennlinie – größere Förderstromänderung, aber kleine Druckänderung
- steil verlaufende Kennlinie – kleinere Förderstromänderung, aber große Druckänderung

Bei Dauerbetrieb sollen auf keinen Fall Pumpen ausgewählt werden, bei denen der Betriebspunkt jeweils am linken oder rechten äußeren Bereich der Kennlinie liegt.



Unterschiedliche Förderstrom-und Druckänderungen

Auswahl des Tauchmotors

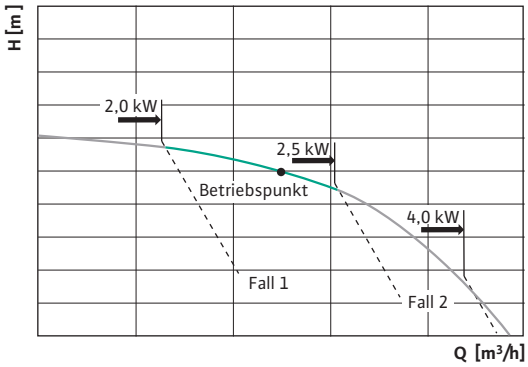
Fall 1

Die Pumpe arbeitet nur in einem Betriebspunkt. Die Förderhöhe ist also konstant. In der Regel wird hier der Tauchmotor mit der nächst größeren Antriebsleistung ausgewählt (im Beispiel: 2,5 kW).

Fall 2

Die Förderleistung der Pumpe schwankt in einem gewissen Leistungsbereich oder die Pumpe wird im gesamten Bereich der Kennlinie gefahren. In diesem Fall wird der Motor mit der maximalen Antriebsleistung verwendet (im Beispiel: 4,0 kW).

Antriebsleistung



Die bei Wilo angegebenen Motorleistungen enthalten bereits eine Leistungsreserve von 10 bis 15 %. Diese Leistungsreserve berücksichtigt, dass im normalen Abwasser Feststoffe vorhanden sind, die durch ihre Sperrigkeit, Faserigkeit oder Reibung einen höheren Leistungsbedarf (als bei dem Betrieb im Reinwasser) verursachen. Liegen besondere Verhältnisse vor, z. B. hoher Feststoffanteil, hohe Viskosität, hohes spezifisches Gewicht, besondere Bestandteile im Fördermedium usw., so muss die Antriebsleistung nach den vorliegenden Erfahrungen gesondert ermittelt werden. Diese Verhältnisse liegen in der Regel bei eingedickten Schlämmen vor.

Anlagenkennlinie

H_{VL} = Druckverluste in Rohrleitungen
H_{VA} = Druckverluste in Armaturen
H_{geo} = Geodätische Höhendifferenz (zu überwindende geodätische Höhe)
H_{Ges} = Gesamthöhenverluste

Die Anlagenkennlinie zeigt die durch das System benötigte Förderhöhe H_{Ges} an. Sie besteht aus den Komponenten H_{geo}, H_{VL} und H_{VA}. Während H_{geo} (statisch) unabhängig vom Volumenstrom konstant bleibt, steigen H_{VL} und H_{VA} (dynamisch) durch die verschieden gearteten Verluste in Rohrleitungen, Armaturen, Formstücken und durch Temperatur bedingte Reibungserhöhungen etc. an.

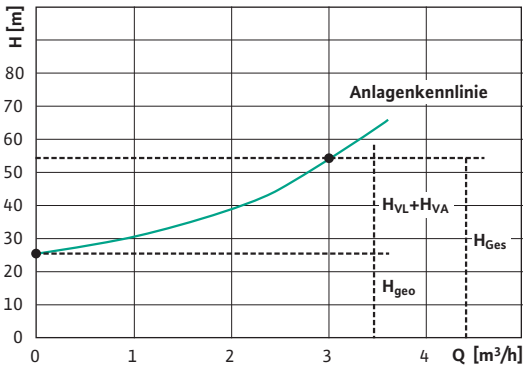
Betriebspunkt

Der Betriebspunkt ist der Schnittpunkt von Anlagenkennlinie und Pumpenkennlinie. Der Betriebspunkt stellt sich bei Pumpen mit fester Drehzahl selbstständig ein.

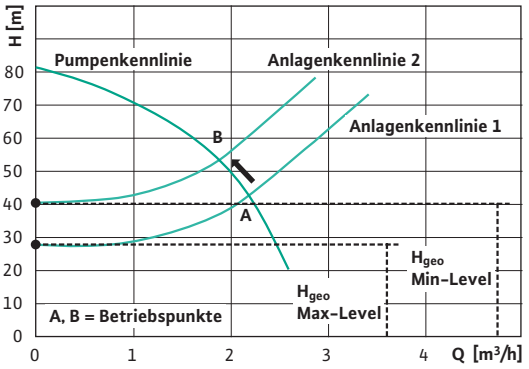
Eine Veränderung des Betriebspunktes tritt dann ein, wenn z. B. bei einer stationären Abwasserpumpstation die geodätische Förderhöhe zwischen einem Maximal- und einem Minimalwert schwankt. Dadurch verändert sich der gelieferte Volumenstrom der Pumpe, da diese nur Betriebspunkte auf der Pumpenkennlinie realisieren kann.

Gründe für ein Schwanken des Betriebspunktes könnten u. a. unterschiedliche Wasserniveaus im Schacht bzw. Behälter sein, da sich hierbei der Zulaufdruck zur Pumpe durch die verschiedenen Niveaus verändert. Enddruckseitig kann diese Veränderung auch durch ein Zusetzen der Rohrleitungen (Enkrustierung) bzw. durch ein Eindrosseln durch Ventile oder Verbraucher begründet sein.

Anlagenkennlinie (Rohrleitungskennlinie)



Beispiel:
schwankender Wasserstand im Behälter



NPSH-Wert

Eine wichtige Größe für eine Kreiselpumpe ist der NPSH-Wert (Net Positive Suction Head). Dieser gibt den Mindestdruck am Pumpenzulauf an, den diese Pumpenbauform benötigt, um kavitationsfrei arbeiten zu können, d. h. den zusätzlichen Druck, der benötigt wird, um die Verdampfung der Flüssigkeit zu verhindern und diese im flüssigen Zustand zu halten. Der NPSH-Wert wird pumpenseitig durch Laufradform, Pumpendrehzahl und umgebungsseitig von Mediumtemperatur, Wasserüberdeckung und Atmosphärendruck beeinflusst.

Man unterscheidet zwischen zwei NPSH-Werten:

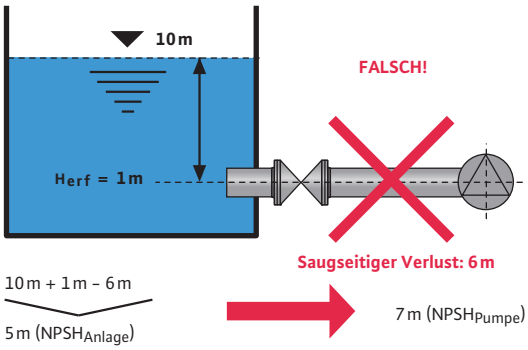
1. $NPSH_{Pumpe}$ = NPSH erforderlich
Gibt den Zulaufdruck an, der benötigt wird, um Kavitation zu vermeiden. Als Zulaufdruck gilt auch die Wasserüberdeckung (Höhendifferenz zwischen Pumpenzulauf und Wasserstand im Schacht).

2. $NPSH_{Anlage}$ = NPSH vorhanden
Gibt an, welcher Druck am Pumpenzulauf ansteht.

$NPSH_{Anlage} > NPSH_{Pumpe}$ oder $NPSH_{vorh.} > NPSH_{erf.}$

Bei Pumpen in der Nassaufstellung wird der $NPSH_{Anlage}$-Wert durch Addition von atmosphärischem Druck und Medienüberdeckung der Pumpe abzüglich des Verdampfungsdrucks errechnet. In der Tockenaufstellung werden zusätzlich die zulaufseitigen Druckhöhenverluste abgezogen. Der $NPSH_{Pumpe}$-Wert wird vom Hersteller unter Definition eines Kavitationskriteriums angegeben.

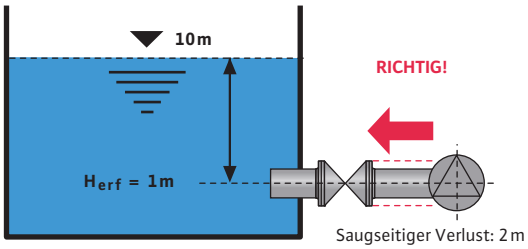
Wirtschaftliche Auslegung
$NPSH_{Anlage} \geq NPSH_{Rohr}$



10 m + 1 m – 6 m
5 m ($NPSH_{Anlage}$)

7 m ($NPSH_{Pumpe}$)

Wirtschaftliche Auslegung
$NPSH_{Anlage} \geq NPSH_{Rohr}$

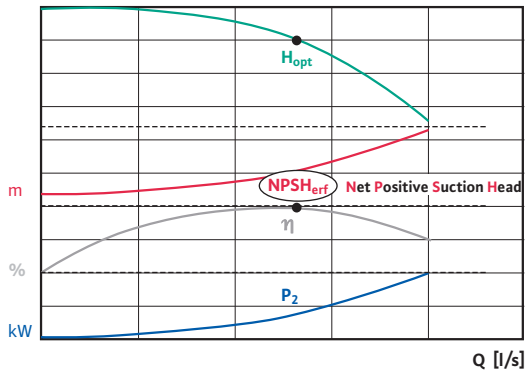


Umbau
10 m + 1 m – 2 m
9 m ($NPSH_{Anlage}$)

≥ 7 m ($NPSH_{Pumpe}$)

$\frac{NPSH_{Anlage}\ 9m}{NPSH_{Pumpe}\ 7m}$ = 1,3 Sicherheitsfaktor

NPSH-Kennlinie



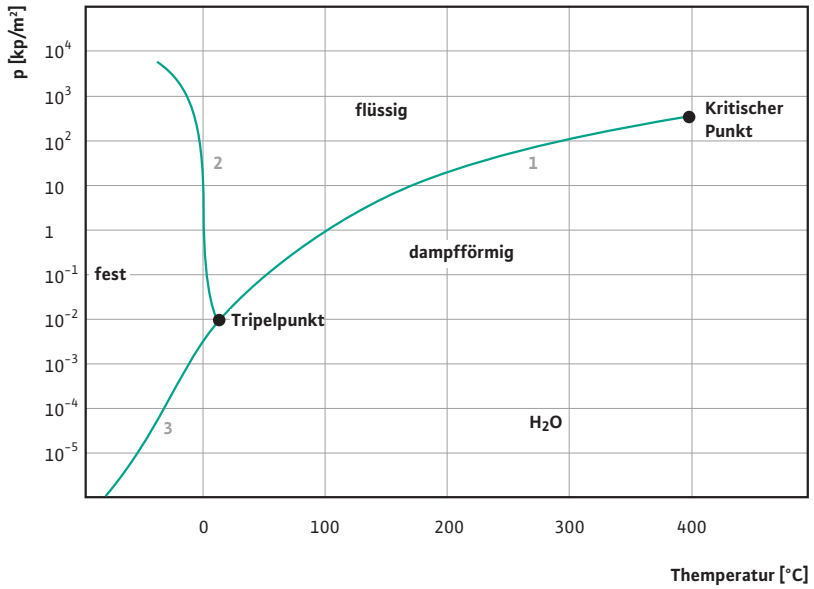
Kavitation

Als Kavitation bezeichnet man die Implosion der gebildeten Dampfblasen (Hohlräume) in Folge örtlicher Unterdruckbildung unter dem Verdampfungsdruck der zu fördernden Flüssigkeit am Laufradeintritt. Diese führt zu Leistungsabfall (Förderhöhe), unruhigen Laufeigenschaften, Abfall des Wirkungsgrades, Geräuschen und Materialzerstörung (im Pumpeninneren). Mikroskopisch kleine Explosionen verursachen durch Ausdehnung und Zusammenfall (Implosion) kleiner Luftbläschen in Bereichen höheren Drucks (z. B. im fortgeschrittenen Stadium am Laufradausgang) Druckschläge, die eine Beschädigung bzw. Zerstörung der Hydraulik zur Folge haben. Erste Anzeichen hierfür sind Geräusche bzw. Schäden am Laufradeintritt.

Die Beschädigung des Materials hängt von dessen Beschaffenheit ab. So ist ein Edelstahlguss der Güte 1.4408 (AISI 316) um ca. das 20-fache beständiger als der Standardwerkstoff der Pumpenindustrie Grauguss (GG 25). Bei Bronze ist immerhin noch von der doppelten Standzeit auszugehen.

Das Ausnutzen der Verhältnisse von Fließgeschwindigkeit, Druck und entsprechender Verdampfungstemperatur hilft Kavitation vorzubeugen. Eine große Fließgeschwindigkeit bedeutet einen kleinen Druck, der wiederum einen niedrigeren Siedepunkt des Mediums zur Folge hat. So kann z. B. durch eine Erhöhung des Zulaufdrucks (z. B. durch erhöhte Wasserüberdeckung, höheres Wasserniveau im Schacht) die Dampfblasenbildung verringert/vermieden werden.

Dampfdruckkurve des Wassers

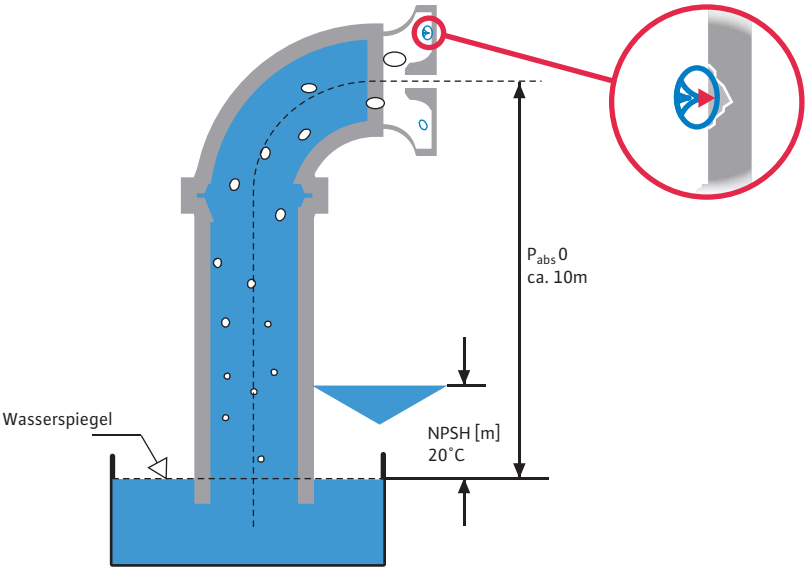


Dampfblasen werden von der Strömung mitgerissen und zerfallen schlagartig, wenn auf dem Strömungsweg der statische Druck wieder über den Dampfdruck ansteigt. Benachbarte Materialoberflächen werden erosionsartig zerstört (Hohlraumbildung).

Berechnung der Mindest-Zulaufdruckhöhe H_{erf}

$$H_{erf} = H_H + 0{,}5 + \frac{10^5 \cdot P_D}{\rho \cdot g} - P_b\,[m]$$

Abkürzung	Beschreibung
H_{erf} [m]	Mindest-Zulaufhöhe am Saugstutzen
H_H o. NPSH [m]	Erforderliche Haltedruckhöhe bei Betriebs-Förderstrom der Pumpe, aus Kennlinienfeld
0,5	Sicherheitszuschlag
P_D [bar]	Dampfdruck des Fördermediums als Absolutdruck zur entsprechenden Mediumtemperatur, aus Dampfdrucktabelle
ρ [kg/m³]	Dichte des Fördermediums
g [m/s²]	Örtliche Fallbeschleunigung
P_b [m]	Örtlicher Luftdruck



Leistung

Die Leistung einer Pumpe kann in elektrische Leistung und hydraulische Leistung unterschieden werden. Die hydraulische Leistung wird durch Q (m^3/h oder l/s) und H (m oder bar) benannt. Die elektrische Leistung wird wiederum in mehreren Parametern unterschieden. So wird die Leistungsaufnahme als P_1 bezeichnet und in Kilowatt (kW) angegeben. Unter P_2 wird die Wellenleistung des Motors verstanden, d. h. die vom Motor an die Hydraulik abgegebene Leistung. P_3 beschreibt die von der Pumpe abgegebene hydraulische Leistung.

Aufgenommene elektrische Wirkleistung P_1

$P_1 = \sqrt{3}U \cdot I \cdot \cos\varphi$ (Drehstrom)

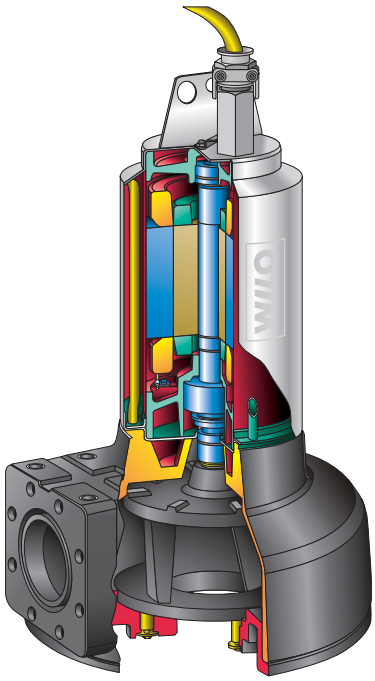
Wellenleistung P_2 (Nennleistung)

$P_2 = M \cdot 2n \cdot \pi$

Hydraulische Nutzleistung P_3

$P_3 = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$

Abkürzung	Beschreibung
U	Spannung [V]
I	Stromstärke [A]
cosφ	Motorabhängigkeit
M	Nennmoment [Nm]
n	Nenndrehzahl [1/min]
p	Mediumsdichte [kg/dm³]
g	9,81 m/s²
Q	Volumenstrom [m³/h]
H	Förderhöhe [m]

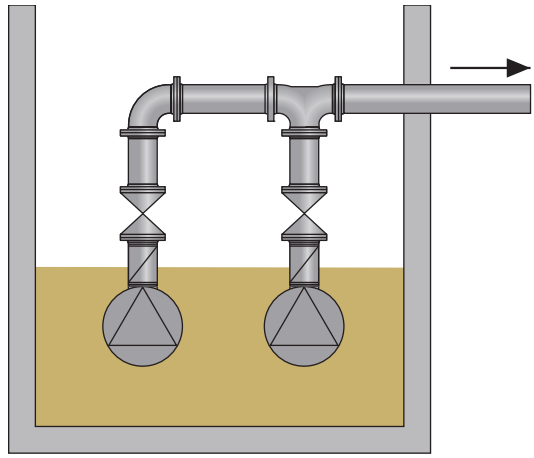


Bei Anlagen mit mehreren Pumpen wird zwischen folgenden Betriebsarten unterschieden:

Parallelbetrieb

Ziel des Parallelbetriebs ist eine Erhöhung des Volumenstroms. Der Begriff bezeichnet den Betrieb von 2 oder mehreren Pumpen, bei dem alle Pumpen gleichzeitig in eine gemeinsame Druckleitung fördern (mit entsprechenden eigenen Armaturen und eigenen Zuleitungen). Fördern alle Pumpen gleichzeitig, können die Volumenströme bei gleicher Förderhöhe addiert werden, um den gesamten Volumenstrom zu errechnen.

Parallelbetrieb



Der Betriebspunkt ergibt sich wie beim Einzelbetrieb aus dem Schnittpunkt der Pumpenkennlinie mit der Anlagenkennlinie. Jede Pumpe arbeitet weiter auf ihrer eigenen Pumpenkennlinie. Bei gleichen Pumpentypen bedeutet dies, dass alle Pumpen den gleichen Volumenstrom haben (Vgl. grafische Vorgehensweise der Berechnung). Beachten Sie jedoch, dass die Zuleitung zur Sammeldruckleitung eigene Armaturen mit entsprechenden Verlusten hat. Diese müssen bei der Berechnung für den Betriebspunkt in Abzug gebracht werden.

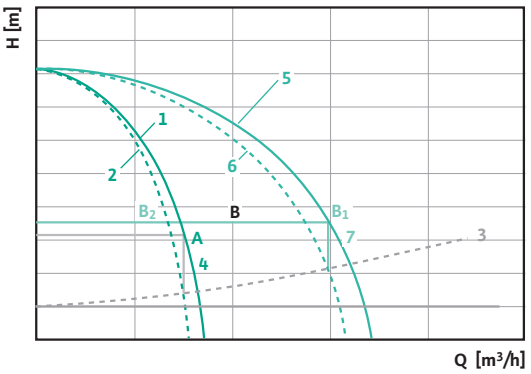
Grundsätzlich gelten diese Regeln auch beim Betrieb von zwei Pumpen ungleicher Größe, wobei beide Pumpen auf ihrer eigenen Kennlinie weiterarbeiten und sich den Volumenstrom entsprechend aufteilen (bei gleichem Druck, Volumenströme addieren).

Es gibt verschiedene Gründe für den Einsatz von mehreren Pumpen:

- Parallelbetrieb mit Grundlastpumpe und entsprechender Zuschaltung von Spitzenlastpumpen, wobei die Spitzenlastpumpen erst bei erhöhten Anforderungen eingeschaltet werden, die die Grundlastpumpe nicht erfüllen kann (z. B. mehr Abwasserzufluss als der maximale Volumenstrom der Grundlastpumpe).
- Parallelbetrieb zur Aufteilung der Volumenströme zur Betriebskostenreduzierung oder bei stark veränderlichen Bedingungen.
- Betrieb einer Pumpe mit Reservepumpe – Zuschaltung bei Ausfall des Betriebsaggregates.

Grundsätzlich sollte auf eine temporäre Umschaltung der Pumpen geachtet werden, um eine möglichst gleiche Verteilung der Betriebsstunden auf alle Pumpen zu gewährleisten und somit eine längere Standzeit der Installation zu garantieren. Die von Wilo gelieferten Mehrpumpenschaltgeräte bieten diese Funktion.

Grafische Vorgehensweise der Berechnung



1. *Einzeichnung Kennlinie Pumpe 1*
2. *Reduzierung der Pumpenkennlinie 1 um die Verluste (durch z. B. Armaturen oder Verstopfungen) in der Druckleitung (bis zur Sammelleitung)*
3. *Einzeichnung der Anlagenkennlinie*
4. *Senkrechte Projektion des Schnittpunktes Anlagenkennlinie mit der reduzierten Pumpenkennlinie nach oben bis zur originären Pumpenkennlinie.*
5. *Einzeichnung der Kennlinie Pumpe 2 (Addition des Volumenstromes bei gleicher Förderhöhe)*
6. *Reduzierung der Pumpenkennlinie 2 um die Verluste (durch z. B. Armaturen oder Verstopfungen) in der Druckleitung (bis zur Sammelleitung)*
7. *Senkrechte Projektion des Schnittpunktes, Anlagenkennlinie mit der reduzierten Pumpenkennlinie nach oben bis zur originären Pumpenkennlinie*

A = Betriebspunkt der Pumpe bei Einzelbetrieb
B_1 = Betriebspunkt der Anlage bei Parallelbetrieb
B_2 = Betriebspunkt der Pumpe 1 bzw. 2 in Einzelbetrachtung bei Parallelbetrieb

Reihenschaltung

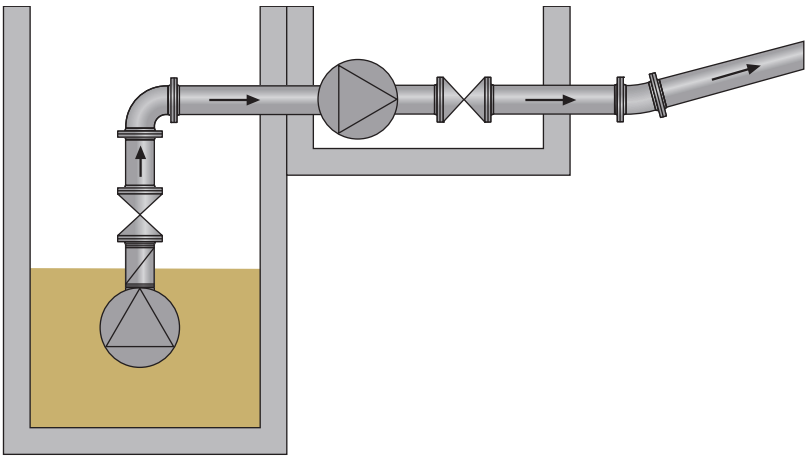
Ziel der Reihenschaltung ist eine Erhöhung des Drucks (Förderhöhe). Der Begriff bezeichnet den Betrieb von zwei oder mehreren Pumpen, bei dem alle Pumpen gleichzeitig in eine gemeinsame Druckleitung fördern (mit entsprechenden eigenen Armaturen und eigenen Zuleitungen).

Um die entsprechende Gesamtkennlinie der Pumpen zu errechnen, werden die Drücke bei gleichem Volumenstrom addiert.

Eine Reihenschaltung ist jedoch eher zweifelhaft zu beurteilen, da diverse Schwierigkeiten auftreten können.

Diese können von Kavitationen bis hin zu Turbineneffekten gehen, bei denen die erste Pumpe die zweite antreibt und so beide Pumpen geschädigt werden können. Eine exakte Auslegung und eine ständige Überwachung sind zwingend notwendig.

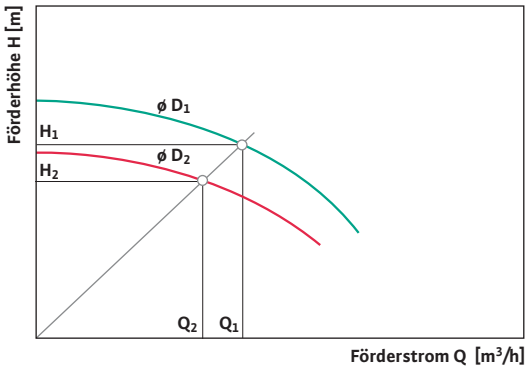
Reihenschaltung



Leistungskorrektur durch Laufradänderung

Änderung der Laufraddurchmessers

Achtung! Motordimensionierung beachten.



Eine Veränderung des Laufraddurchmessers bedeutet eine Veränderung der Motorleistung.

$$\frac{P_1}{P_2} \approx \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^3 = \text{Drehzahl n}$$

Wo eine Korrektur des Förderstromes Q bzw. der Förderhöhe H gegenüber der Ursprungskennlinie erforderlich ist, kann eine Korrektur des Laufrad-durchmessers vorteilhaft sein. Sinnvoll ist eine Reduzierung des Laufraddurchmessers, was nur bei Radialrädern und in begrenztem Maße bei Halbaxialrädern möglich ist. Der Wirkungsgrad der Pumpe verringert sich hierbei.

$$\frac{Q_1}{Q_2} \approx \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 \quad D_2 \approx D_1\sqrt{\frac{Q_2}{Q_1}}$$

$$\frac{H_1}{H_2} \approx \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 \quad D_2 \approx D_1\sqrt{\frac{H_2}{H_1}}$$

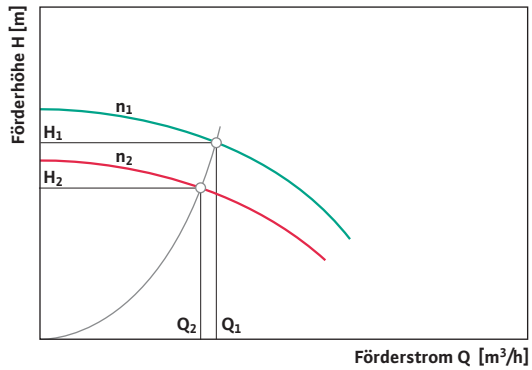
Leistungskorrektur durch Drehzahländerung

Durch die Änderung der Drehzahl bei einer Kreiselpumpe verändert man deren Kennlinien.

Nach dem Ähnlichkeitsgesetz gelten hierbei für den Förderstrom Q und die Förderhöhe H fol-gende Bedingungen:

Bei Verdoppelung der Drehzahl:
- Förderstrom Q = zweifacher Wert
- Förderhöhe = vierfacher Wert
- Leistungsbedarf P = achtfacher Wert

Änderung der Drehzahl



$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$$

Leistungskorrektur durch Frequenzänderung

Beim Einsatz von Frequenzumformern ist Folgendes zu beachten

Hydraulische Veränderungen:
- Betriebspunkt wandert auf der Anlagenkurve nach unten
- Förderhöhe und Förderstrom nehmen ab
- Rohrreibungsverluste nehmen ab
- Leistungsbedarf nimmt ab

Elektrische Veränderungen:
- Rotorverluste steigen
- Rotorerwärmung steigt
- Motorwirkungsgrad steigt
- stärkerer Motor erforderlich
- Drehmoment bleibt konstant
- Leistungsaufnahme nimmt ab

Warum werden Frequenzumformer eingesetzt?
- um Energiekosten zu sparen
- um eine kontinuierliche Förderung zu erreichen
- um Verfahrensprozesse zu automatisieren
- um Förderleistungen anzupassen

Umrichter:
Tauchmotorpumpen von Wilo können mit den handelsüblichen Frequenzumrichtern betrieben werden. Dabei können „stromgeführte-“, „spannungsgeführte-“, und pulsweitenmodulierte Umrichter zur Anwendung kommen.

Störspannungen:
Unterwassermotoren mit nasser Wicklung sind durch Spannungsspitzen gefährdeter als trockene Motoren. Geeignete Zusatzgeräte (Drosseln, Filter) zur Reduzierung schädlicher Spannungsspitzen sollten eingesetzt werden.

Zur Einhaltung der EMV-Richtlinien (elektromagnetische Verträglichkeit) kann der Einsatz von geschirmten Leitungen oder die Verlegung des Kabels in Metallrohren, sowie der Einbau von Filtern notwendig sein.

Motorschutz:
- Kaltleitertemperaturfühler (PTC), sowie auch
- Widerstandstemperaturfühler (PT 100)

Explosionsgeschütze Motoren sind grundsätzlich mit Kaltleitern auszustatten.

Motor- und Umgebungsbeanspruchungen bei Umrichterspeisung:
Gegenüber dem Betrieb am sinusförmigen Netz wird der Motor bzw. seine Umgebung zusätzlich beansprucht durch:
- Erwärmung der Wicklung und des Eisenkreises
- Pendelmomente
- Geräuschentwicklung
- Wellenspannung und Lagerströme
- Beanspruchung der Wicklungsisolation

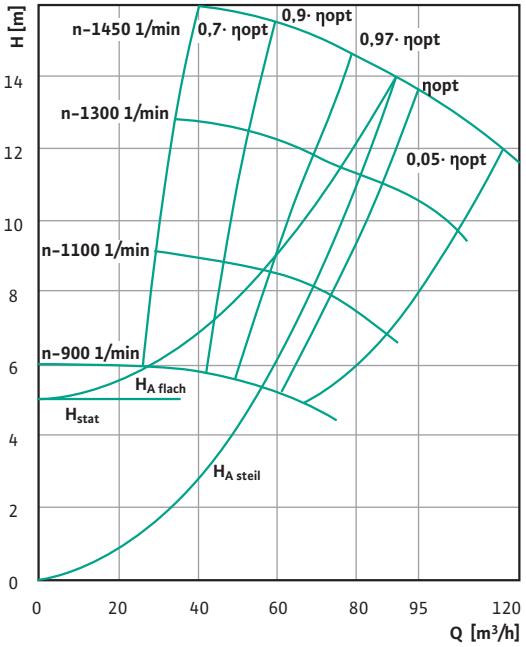
Änderung der Frequenz

Leistungs-daten	Frequenz 50 Hz	Frequenz 60 Hz
n	950 1/min	1140 1/min
	1450 1/min	1740 1/min
	2900 1/min	3480 1/min
Q	100 %	≈ 120 %
H	100 %	≈ 145 %
P	100 %	≈ 175 %

$$n = \frac{120 \cdot f}{P}$$

f = Frequenz
P = Anzahl der Pole

Betriebspunktveränderung



Alle Betriebspunkte wandern bei Drehzahlreduzierung auf einer Parabel bei annähernd konstantem Wirkungsgrad zum Nullpunkt.

Welche Reserve sollte ein Frequenzumformer haben? Ca. 20 %.

Welche Reserve sollte der Motor haben? Zusätzlich mindestens 10 %.

WILO
WILO
WILO

Verschleiß

Beim Betrieb von Kreiselpumpen unterliegen vor allem Pumpenlaufräder sowie Pumpengehäuse unterschiedlichsten Beanspruchungen. Diese können je nach Anwendungsfall bis hin zur Zerstörung der Pumpe führen. Wesentliche Einfluss-faktoren für den Verschleiß sind das Fördermedium sowie der Betriebspunkt der Pumpe. Aus diesen Einflussfaktoren ergeben sich die jeweiligen Verschleißarten, denen es mit unterschiedlichen Maßnahmen, zum Beispiel durch Verwendung von Sonderwerkstoffen, entgegenzuwirken gilt.

Verschleißarten

- Korrosion
- Abrasion
- Kavitation

Korrosion

Unter Korrosion verstehen wir die Zerstörung von Werkstoffen durch chemische oder elektro-chemische Reaktion mit ihrer Umgebung. In den meisten Fällen entsteht Korrosion bei einem pH-Wert von 4 – 10 und bei unlegiertem Gusseisen. Es handelt sich hier um eine durch Luftsauerstoff ausgelöste Oxidation. Das Reaktionsprodukt bezeichnen wir als Rost. Die Aggressivität des Mediums wird durch unterschiedliche Inhalts-stoffe, wie zum Beispiel Konditionierungsmittel, freie Kohlensäure etc., noch verstärkt. Eine weitere, sehr wichtige Einflussgröße für Korro-sion ist der vorhandene pH-Wert.

pH-Skala (Bezugstemperatur 25 °C)

pH-Wert	Chemische Reaktion
1 bis 3	stark sauer
4 bis 6	schwach sauer
7	neutral
8 bis 10	schwach basisch
11 bis 14	stark basisch

Abrasion

Den Abtrag von Material an einem Gegenstand (hier Pumpe bzw. Pumpenteile) bezeichnet man als Abrasion. Dies kann durch Bestandteile im Medium (z. B. Sand) passieren. Hierbei werden durch die Fließgeschwindigkeit bzw. durch die Druckerhöhung im Pumpengehäuse, die festen Bestandteile am Material gerieben, so dass es nach und nach abgetragen wird. Dies kommt dem Schmirgelpapiereffekt sehr nahe.

Kavitation

Siehe Kapitel „Kavitation“ (Seite 25).

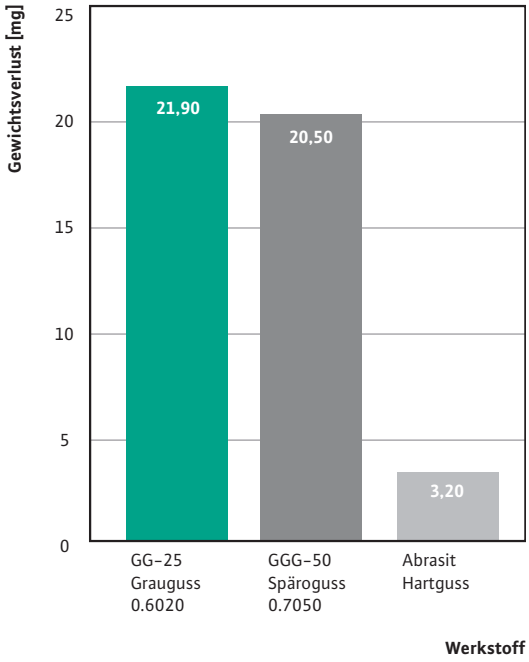
Abrasit (verschleißfester Hartguss)

Seit vielen Jahren wird Abrasit bei Pumpengehäusen, Pumpenlaufrädern, Rührköpfen und vorgeschalteten Schneidwerken verwendet. Eine hohe Verschleißbeständigkeit hat der Chromhartguss infolge eines martensitischen Grundgefüges mit einem hohen Gehalt an Chrom-Mischkarbiden.

Standzeit:
Durch diesen Werkstoff ist die Standzeit bei gleichen Einsatzbedingungen im Vergleich zu einem normalen Gusswerkstoff sieben mal höher.

Abrasit
• gegen Abrasion
• Hartgusswerkstoff mit 23 % Chrom
• martensitisches Gefüge

Werkstoffvergleich



Pumpengehäuse FA 10.22W in Grauguss – Ausführung nach 6 Wochen Einsatz im Sandfang

Werkstoff-Ausführung	Eigenschaft	Vorteile	Anwendungen
Abrasit-Hartguss	Hoch legierter Chromguss	• mechanisch hoch beständig • Einsatz in Medien mit pH > 6	• Pumpengehäuse • Laufräder • vorgeschaltete Schneidwerke
RF-Ausführung 1.4581	Korrosionsbeständiger Werkstoff	• sehr gute Korrosionsbeständigkeit gegen Säuren und Basen	• Pumpengehäuse • Laufräder
RF-Ausführung 1.4517	Korrosions- und säurebeständiger Duplex-Stahlguss	• hohe Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion und Spannungsrisskorrosion • ausgezeichnete Festigkeits- und Zähigkeitswerte	Einsatz in Medien mit • Säuregehalt • hochchloridhaltigen sauren Waschsuspensionen • Meer- und Brackwasser • Salz- und Mischsalzlösungen

Ceram – ein moderner Korrosions- und Abrasionsschutz

Bauteile, die mit dem Fördermedium in Berührung kommen, sind sowohl hohen korrosiven wie auch abrasiven Beanspruchungen ausgesetzt. Wilo bietet hierfür seine Flüssigkeramikbeschichtung Ceram an. Diese bietet einen zuverlässigen Schutz gegen diese Art von Beanspruchung.

Normale, schwere Korrosionsschutzverfahren wie z. B. Zinkstaubgrundierungen mit dreifacher Teer-Epoxidbeschichtung sind so genannte Zwiebelschalenmodelle. Der Vorteil der Zinkstaubgrundierung liegt darin, dass sich der Zinkstaub opfert und dadurch das Zinkkarbonat Mikrorisse abdichten kann. Man spricht hier von der selbstheilenden Wirkung der Beschichtung. Der Nachteil liegt darin, dass die Nasshaftung dieser Zinkstaubgrundierungen nicht besonders hoch ist. Durch das Zwiebelschalenmodell herkömmlicher lösemittelhaltiger Beschichtungen hängt die Haftkraft von der Qualität der einzelnen Schichten ab.

Die nebenstehende Grafik zeigt den Aufbau einer Teer-Epoxidharz-Beschichtung mit Zinkstaubgrundierung. Die Beschichtung besteht aus 4 einzelnen Lagen mit einer Gesamtschichtdicke von 380 µm. Die drei dunkelgrauen Linien stellen die Schwachstellen dieser Beschichtung dar, die schwarze Linie die Sollbruchstelle.

Die Ceram-Beschichtung dagegen basiert auf dem Diamantmodel. Sie vereinbart die positiven Eigenschaften zweier Werkstoffe durch die Kombination keramischer Partikel in einer polymeren Matrix.

Die Keramikpartikel sind in der Matrix eingeschlossen. Somit gibt es keine Sollbruchstellen und die Haftfestigkeit ist sehr hoch, z. B. bei Ceram C0 von 15 N/mm². Da Ceram lösemittelfrei ist, können diese Beschichtungen mit einer Schicht aufgetragen werden.

Die nebenstehende Grafik zeigt den Aufbau einer Ceram C0-Beschichtung. Die Beschichtung besteht aus einer einzelnen Lage mit einer Gesamtschichtdicke von 400 µm. Durch das Auftragen im Airless-Spritzverfahren wird eine sehr hohe Oberflächengüte erreicht.

Teer-Epoxidharzbeschichtung mit Zinkstaubgrundierung

Aufbau einer Ceram C0-Beschichtung

Ceram-Qualität	Lagen	Dicke [mm]	Einsatz
Ceram C0	1	0,4	komplette Außen- und Innenbeschichtung
Ceram C1	1 – 3	1,5	Laufrad- und Saugstutzenbeschichtung
Ceram C2	1	1,5	Beschichtung des Pumpengehäuses (innen)
Ceram C3	1	3	Beschichtung des Pumpengehäuses (innen)

Ceram-Beschichtungen gibt es in vier verschiedenen Qualitäten. Diese unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Widerstandsfähigkeit gegen abrasive Angriffe. Während die Widerstandsfähigkeit gegen Korrosion bei allen vier Qualitäten sehr gut ist, erhöht sich die Resistenz gegen Abrasion mit steigender Ordnungszahl (C0 = geringer Schutz gegen Abrasion; C3 = sehr guter Schutz gegen Abrasion) der Beschichtung, da immer gröbere Keramikpartikel verarbeitet werden. Die einzelnen Schichten werden in ihrer Stärke immer dicker und der Mix zwischen großen, mittleren und kleinen Aluminiumoxidanteilen ist so aufgebaut, dass auch bei Angriffen von feinem Sand die Beschichtungen lange Stand halten.

Für den Einsatz in speziellen Medien können die einzelnen Ceram-Qualitäten miteinander kombiniert werden, z. B. C2+C1. Die Ceram-Beschichtung eignet sich weiterhin sehr gut für den Einsatz in maritimen Umgebungen.

Ceram-Qualität	Zusammensetzung	Eigenschaften
Ceram C0	• Lösemittelfreies Epoxy-Polymer mit lösemittelfreiem Polyamin-Härter und verschiedenen Extendern.	• Zähharte und dauerhafte Beschichtung mit hoher mechanischer und chemischer Widerstandsfähigkeit und sehr guter Abriebfestigkeit. • Hervorragende Nasshaftung und Verträglichkeit mit kathodischem Korrosionsschutz als einschichtige Beschichtung auf Stahloberflächen. • Sehr gute Haftung auf Stahloberflächen. • Ersetzt teerhaltige Beschichtungen. • Kostensparend durch lange Lebensdauer, geringe Wartung und leichte Ausbesserungsfähigkeit. • Geprüft von der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW). • Lösemittelfrei. • Ausgehärtete Beschichtung ist hochglänzend.
Ceram C1	• Polymer/Keramik Verbundmaterial aus Grundmasse und Verstärkung. • Grundmasse: ein modifiziertes Polymer aus zwei Teilen mit einem aliphatischen Aushärtungsmittel. • Verstärkung: eine eigentumsrechtlich geschützte Mischung aus Aluminiumoxyd und Extendern. • Diese Keramikmischung hat ausgezeichnete Abriebfestigkeit und kann auf einfache Weise aufgetragen werden.	• Die vollständig ausgehärtete Beschichtung Ceram C1 ist hochglänzend, porenlos und leicht reinigungsfähig, mechanisch ausgezeichnet beständig, abriebfest und weist hervorragende Haftfestigkeit auf. • Ceram C1 härtet schwundfrei aus und ist gegen eine große Anzahl von Chemikalien, Ölen, Fetten, Lösungsmitteln, verdünnten organischen und anorganischen Säuren und Laugen sowie Salzlösungen beständig. • Ceram C1 vermindert die Reibung, verbessert den Durchfluss und die Effizienz. • Ausgezeichneter Korrosionsschutz.
Ceram C2	• Polymer/Keramik Verbundmaterial aus Grundmasse und Verstärkung • Grundmasse: Ein modifiziertes Polymer aus zwei Teilen mit einem aliphatischen Aushärtungsmittel. • Verstärkung: Eine eigentumsrechtlich geschützte Mischung aus Aluminiumoxyd- und Siliciumcarbidteilchen. • Diese Keramikmischung hat ausgezeichnete Abriebfestigkeit und kann auf einfache Weise aufgetragen werden.	• Ausgezeichnete Abriebfestigkeit sichert langen Betrieb und überdauert in den meisten Fällen einen aufgeschweißten Metallüberzug. • Kann auf einfache Weise auf jede Metalloberfläche geformt werden. • Seine zähe Kunstharzstruktur widersteht Temperaturschock und Schlag. • Hervorragende Haftung sichert Zuverlässigkeit und verhindert Ablösungen. • Einfaches Auftragen reduziert Arbeitskosten und Stilllegungszeit. • Hält chemisch variierende Betriebsbedingungen aus, wenn Metalle versagen. • Praktisches 4:1 Gewichts- und Volumenmischverhältnis.
Ceram C3	• Polymer/Keramik Verbundmaterial aus Grundmasse und Verstärkung • Grundmasse: Ein modifiziertes Polymer aus zwei Teilen mit einem aliphatischen Aushärtungsmittel. • Verstärkung: Eine eigentumsrechtlich geschützte Mischung aus Aluminiumoxyd- und Siliciumcarbidteilchen. • Diese Keramikmischung hat ausgezeichnete Abriebfestigkeit und kann auf einfache Weise aufgetragen werden.	• Ausgezeichnete Abriebfestigkeit sichert langen Betrieb und überdauert in den meisten Fällen einen aufgeschweißten Metallüberzug. • Seine zähe Kunstharzstruktur widersteht Temperaturschock und Schlag. • Hervorragende Haftung sichert Zuverlässigkeit und verhindert Ablösungen. • Einfaches Auftragen reduziert Arbeitskosten und Stilllegungszeit. • Hält chemisch variierende Betriebsbedingungen aus, wenn Metalle versagen. • Kann auf einfache Weise auf jede Metalloberfläche geformt werden. • Praktisches 4:1 Gewichts- und Volumenmischverhältnis.

Werkstoffvergleich

Da mit dem Medium Wasser immer sparsamer umgegangen wird, steigt der Schmutzstoffanteil in Relation zum Wasseranteil. Dies hat eine erhöhte Konzentration von korrosiven und abrasiven Bestandteilen zur Folge. Abwasseraggregate sind diesem aggressiven Medium permanent ausgesetzt. Korrosion und Abrasion beeinflussen die Oberflächen und Materialstrukturen der Aggregate mit teilweise erheblichen Beeinträchtigungen des Materials und somit der Leistungsfähigkeit.

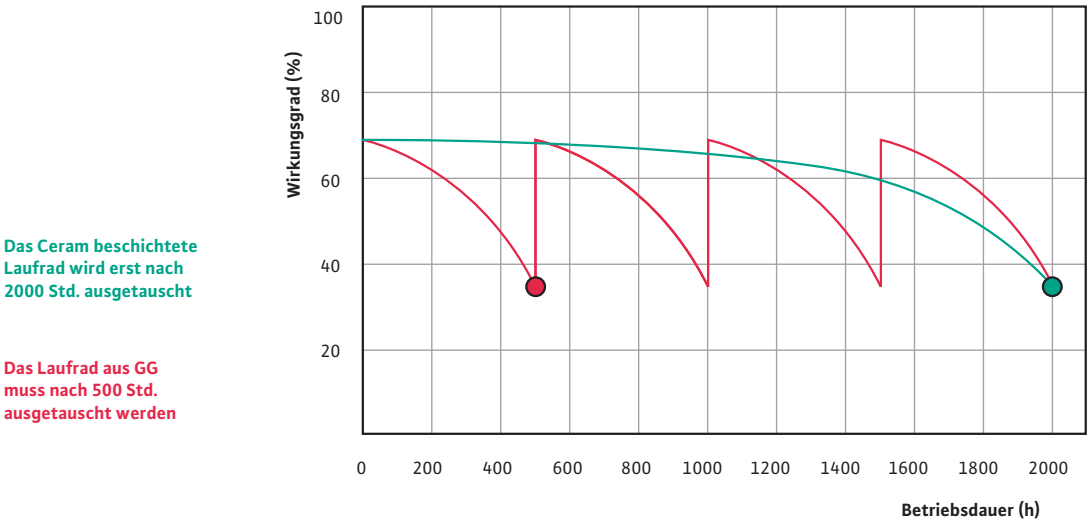
So werden die hydraulischen Wirkungsgrade signifikant reduziert. Dies hat zum einen eine erhöhte Stromaufnahme der Aggregate zur Folge. Zum anderen fahren die Pumpen aus dem Optimum heraus, die Radialkräfte steigen an, die Beanspruchung auf Lager und Gleitringdichtungen werden höher und die Lebenserwartung der Maschinen sinkt.

Bei der Verwendung von Standardmaterialien wie z. B. Grauguss kann bei hoher Beanspruchung ein Austausch der Komponenten schon nach 500 Betriebsstunden erforderlich sein. Ceram-Beschichtungen ermöglichen eine bis zu 4-fach längere Standzeit – und dies bei gleichbleibend hohem Wirkungsgrad, sprich äußerst geringen Energiekosten.

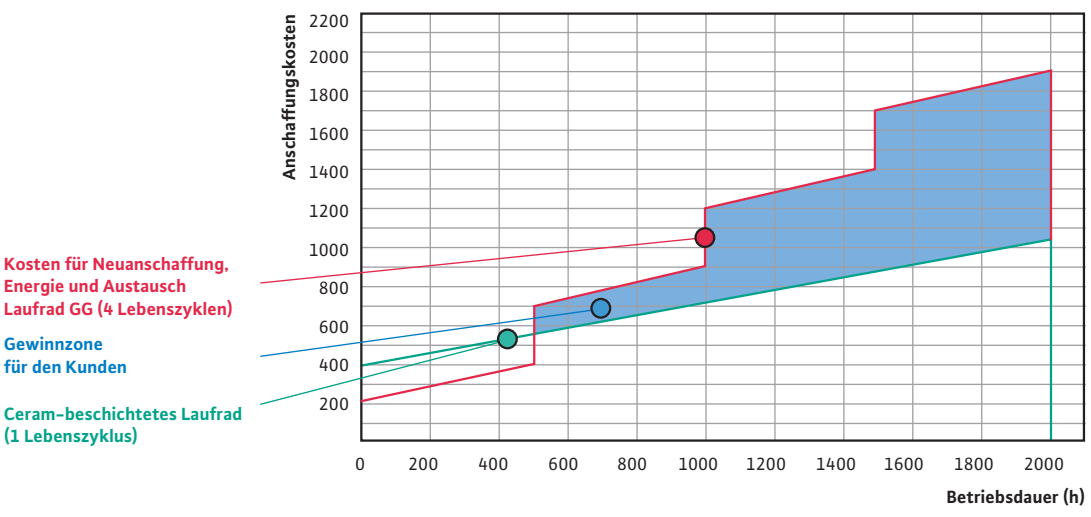
Bei der Gesamtbetrachtung der Kosten über die ganze Lebensdauer der Pumpe sind dabei die Investitionskosten für ein mit Ceram beschichtetes Aggregat mit weniger als 10 % verschwindend gering. Dem gegenüber steht ein vielfach höheres Einsparpotenzial durch deutlich geringere Reparaturaufwendungen und damit einhergehend erheblich weniger Stillstandzeiten der Anlage. Die Amortisation ist somit meistens durch den höheren Wirkungsgrad schnell erreicht.

ceram protected

Gegenüberstellung: Laufrad aus Graugruss gegen Laufrad mit Ceram



Gegenüberstellung: Anschaffungskosten und Lebensdauer



Pumpstationen

Durch Pumpstationen verbessert sich bei der Abwasserableitung die Wirtschaftlichkeit – im Gegensatz zur Freigefälleleitung – durch Vermeidung großer Einbautiefen der Transportleitungen im schwer zugänglichen Bauuntergrund.

Pumpstationen müssen so ausgelegt sein, dass die gleiche Entsorgungssicherheit besteht wie bei der Freigefälleableitung. Ein automatischer, weitestgehend störungsfreier Betrieb ist Grundvoraussetzung. Unhygienische und gefährliche Wartungsarbeiten sollen auf ein Minimum beschränkt bleiben.

Man unterscheidet im Wesentlichen 2 Bauarten, die Trockenaufstellung und die Nassaufstellung.

Vorteile der Trockenaufstellung sind die jederzeit zugängliche Maschinentechnik und die größere Hygiene, dadurch, dass die Pumpen nicht im Fördermedium eingetaucht sind. Für die Steuerungstechnik bzw. Sanitäranlagen für das Betriebspersonal kann ein oberirdisches Betriebsgebäude gesetzt werden.

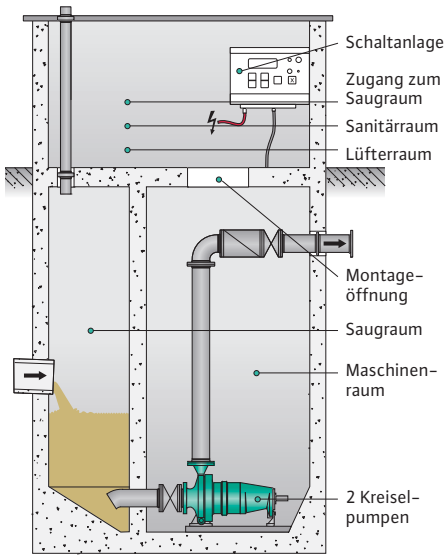
Bei der Nassaufstellung hingegen schlägt die einfachere Bautechnik kostendämpfend zu Buche. Die Pumpen stehen direkt im Fördermedium, auf ein Betriebsgebäude wird in der Regel verzichtet. Die Elektrotechnik ist in einem Freiluftschrank untergebracht.

Als Bauwerk werden je nach Größe des Pumpwerkes Schächte aus Ortbeton, Betonfertigschächte, GFK oder Schächte aus PEHD eingesetzt. Letztere haben gegenüber den Betonfertigschächten den Vorteil, dass sie bis zu einem Durchmesser von 3,5 m absolut fugenfrei und flaschendicht hergestellt werden können. Ein Eindringen von Fremdwasser von außen ist also nicht möglich.

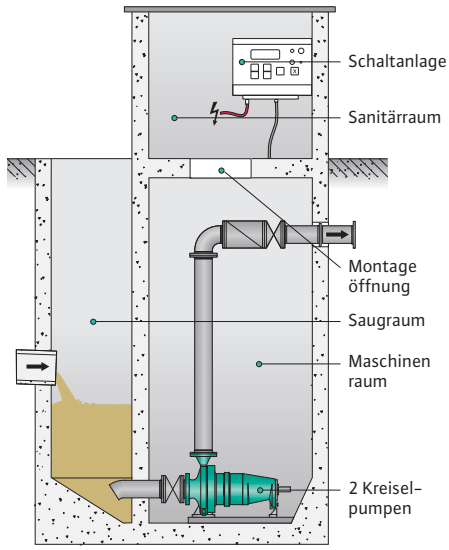
Für die Trockenaufstellung bieten PEHD-Schächte den Vorteil, dass durch die Verwendung von Profilen für die Schachtwände ein sehr kleiner k-Wert vorhanden ist, der kein Kondensat an den Innenflächen entstehen lässt. Das hält die gesamte innere Technik korrosionsfrei.

Beispiele für Pumpwerksbauarten mit horizontal aufgestellten Pumpen in Trockenaufstellung

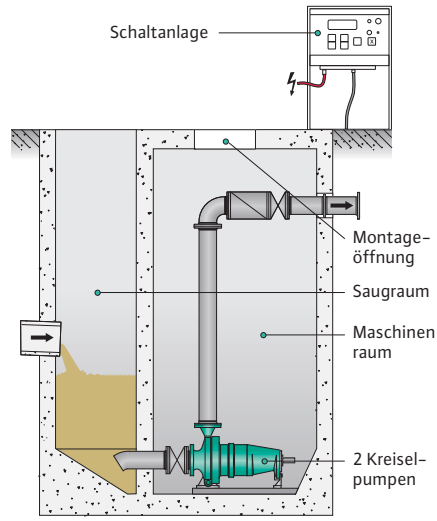
Saugraumentlüftung über Dach



Saugraum oben offen oder abgedeckt, je nach örtlicher Lage

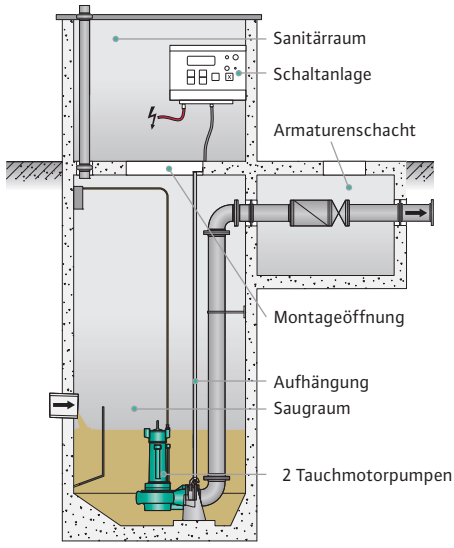


Saugraum oben offen oder abgedeckt, je nach örtlicher Lage

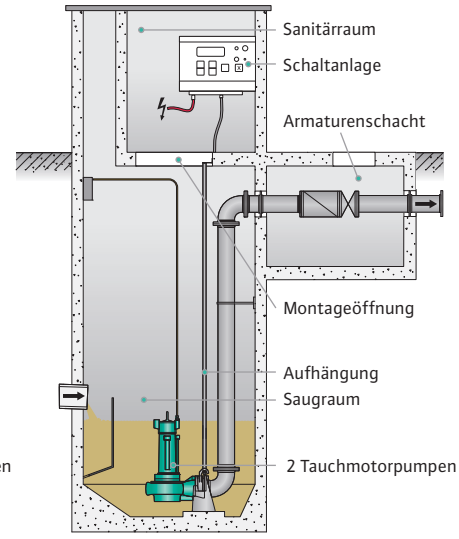


Beispiele für Pumpwerksbauarten mit Pumpen in Nassaufstellung

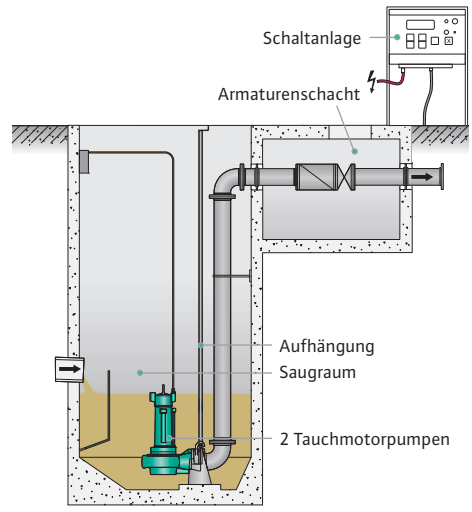
Saugraumentlüftung über Dach



Saugraum oben offen oder abgedeckt, je nach örtlicher Lage



Saugraum oben offen oder abgedeckt, je nach örtlicher Lage



Ermittlung der Fördermenge

Zur Bestimmung der Größe der Pumpstation muss der tägliche Abwasserzufluss ermittelt werden.

Er wird beeinflusst von:
- Art des Entwässerungsverfahrens (Misch- oder Trennsystem)
- Größe und Struktur des Einzugsgebietes
- Anzahl der Einwohner (EWG = Einwohnergleichwerte)
- Anzahl und Art der angeschlossenen Industrie- und Gewerbegebiete

Der Gesamtzufluss eines Pumpwerkes errechnet sich aus zwei Teilen:
Gesamtzufluss = Regenmengen + Abwassermengen

Regenwasserzufluss

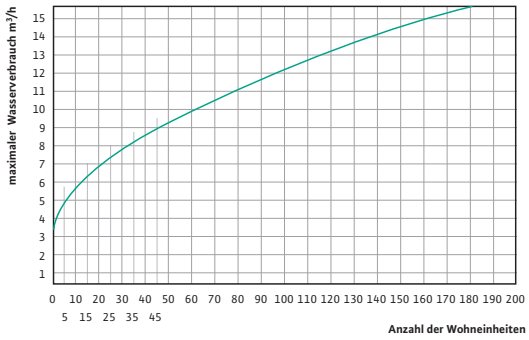
Die Regenwasserzuflussmenge hängt stark vom Standort ab, die Menge muss der Planer ermitteln oder beim Tiefbauamt erfragt werden. In Deutschland beispielsweise schwanken die Mengen von 36 – 144 l/(m² • h) für Nord- oder Süddeutschland.

Abwasserzuflussmenge

Bei Ein- und Zweifamilienwohnhaus-Siedlungen gibt es zwei Möglichkeiten zur Ermittlung:
- mit einem Diagramm
- mit einer Formel

Normalerweise kann man die Menge beim Wasserwerk erfragen, denn der Verbrauch von Trinkwasser ist gleich der Menge des Abwassers.

Ein- und Zweifamilienwohnhaus-Siedlungen



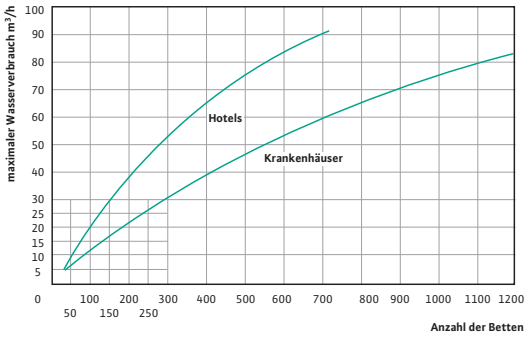
$$Q_{max} = \frac{E \cdot a}{14 \cdot 60 \cdot 60}$$

$= 0{,}003$ l/s

oder $= 10$ l/h/Person

Bei Hotels und Krankenhäusern gibt es zwei Möglichkeiten zur Ermittlung:
- mit einem Diagramm
- durch die Zählung aller Toiletten, Duschen, Waschmaschinen usw.

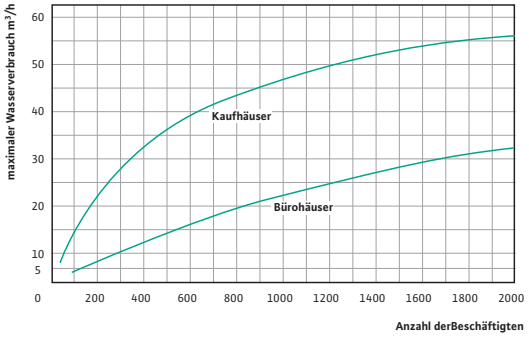
Diagramm: Hotels und Krankenhäuser



$$Q_s\,[l/s] = K \cdot \sqrt{\Sigma\, DU}$$

Bei Einkaufszentren und Bürogebäuden wird die Abwasserzuflussmenge mit einem Diagramm ermittelt.

Einkaufszentren und Bürogebäude



Bei allen anderen Gebäuden ist die Menge einzeln zu ermitteln, durch Zählung der Toiletten, Duschen, Waschmaschinen usw.

Abkürzung	Beschreibung
Q_{max}	maximaler Zufluss l/s
E	Einwohner
a	Verbrauch pro Person/Tag, z. B. in Deutschland 150 l/Tag
Q_s	Abwasserzufluss in Sekunden
K	Faktor für die Gebäudeart
DU	zu erwartender Abfluss

Berechnung Pumpenschacht, Stauvolumen

Das nutzbare Stauvolumen des Saugraumes ist abhängig von der zulässigen Schalthäufigkeit und dem Förderstrom der größten eingebauten Pumpe. Bei zwei gleichen Pumpen und automatischer, wechselnder Einschaltung kann das Volumen halbiert werden.

Zulässige Schalthäufigkeit S:
bis ca. 35 kW – 15 Einschaltungen pro Stunde.

Bei größeren Motorleistungen oder höherer Schalthäufigkeit ist Rückfrage erforderlich. Die im Diagramm angegebenen Volumen sind Mindestwerte, um unter ungünstigen Verhältnissen einen störungsfreien Pumpbetrieb zu gewährleisten. Dieser Betriebsfall ist gegeben, wenn der Zufluss für eine Pumpe halb so groß ist wie deren Förderstrom. Das ergibt eine maximale Anzahl von Einschaltvorgängen pro Stunde.

Formel Nutzvolumen

$$V_{Nutz}\,[m^3] = \frac{0{,}9 \cdot Q}{Z}$$

Abkürzung	Beschreibung
Q	Volumenstrom der größten Pumpen [l/s]
Z	Schalthäufigkeit [1/h]

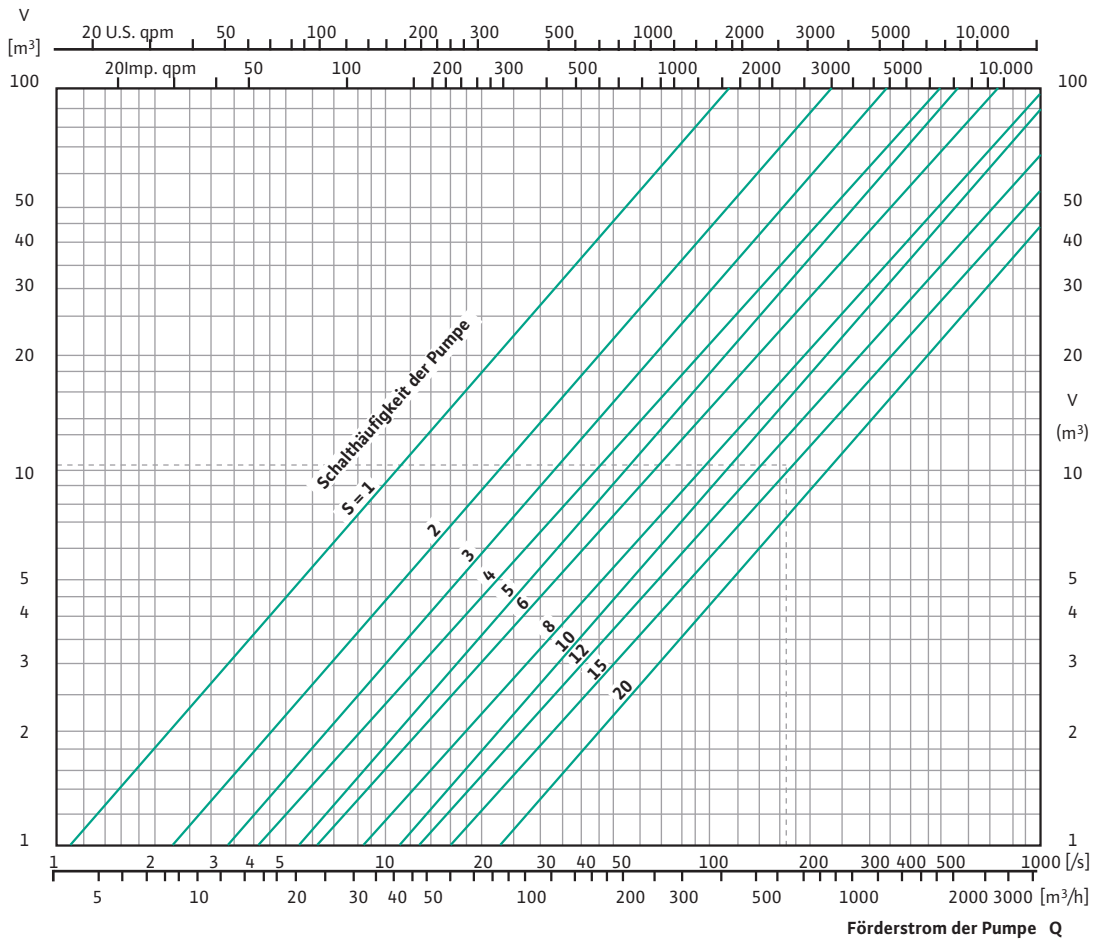
Das Ergebnis ist für eine Pumpe, bei zwei Pumpen wird das Ergebnis halbiert.

$$= \frac{0{,}9 \cdot l/s}{Starts/h \cdot 2\ Pumpen}$$

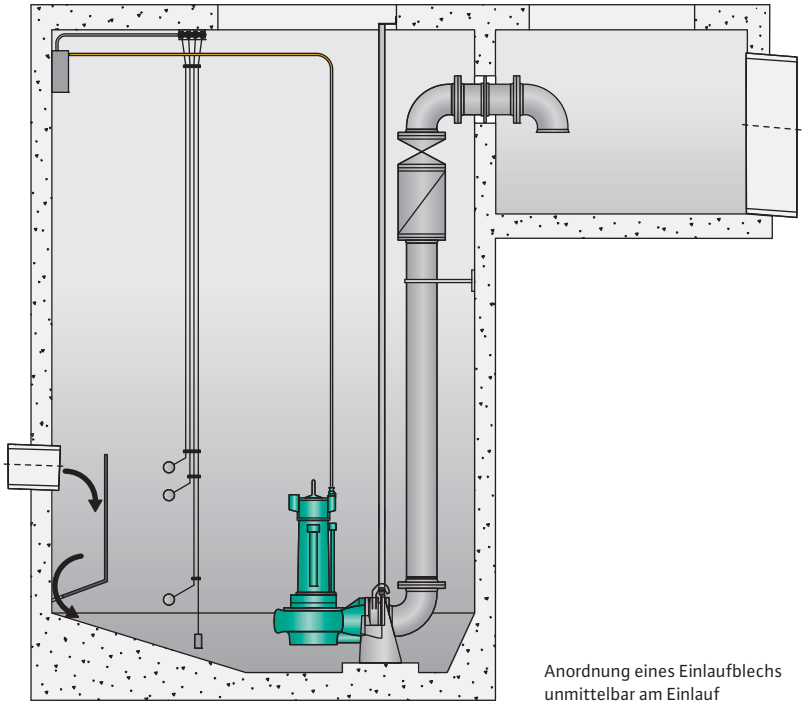
$$= \frac{900 \cdot 30}{10 \cdot 2}$$

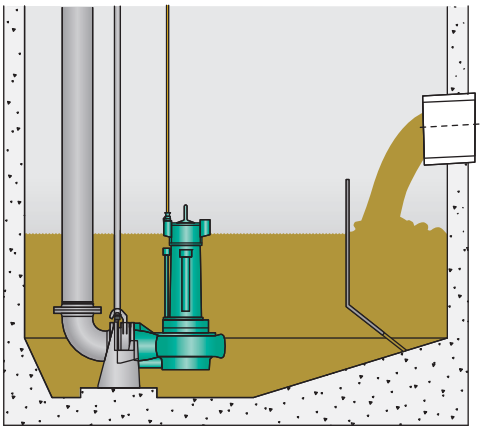
= 1350 l nutzbar

Schachtnutzvolumen



Anordnung eines Einlaufblechs unmittelbar am Einlauf





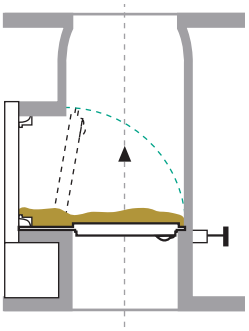
Anordnung eines Einlaufblechs unmittelbar am Einlauf

Schachtausrüstung

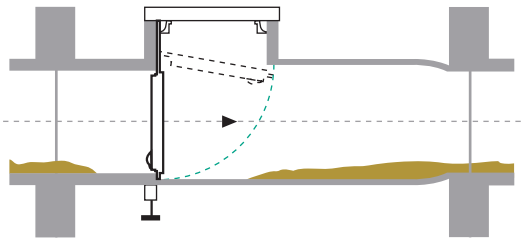
Schachtpumpwerke sind in der Regel einfache und preiswerte Pumpwerke, die mit Tauchmotorpumpen ausgerüstet sind. Die Tauchmotorpumpen befinden sich dabei unmittelbar im Abwassersammelschacht. Die räumlichen Verhältnisse sind hier im Allgemeinen sehr beengt. Es ist deshalb wichtig, dass die einzelnen Funktionsteile sich nicht gegenseitig nachteilig beeinflussen. Insbesondere ist darauf zu achten, dass der Einlauf in das Schachtpumpwerk richtig angeordnet ist. Es darf kein Wasserstrahl entstehen, der unmittelbar auf die Pumpe einwirkt. Beim Einschießen oder Einschlagen eines Wasserstrahls auf die Wasseroberfläche werden Luftblasen eingetragen und es entsteht eine erhöhte Turbulenz im unmittelbaren Bereich des Wasserstrahls. Pumpen, die in diesem Störbereich angeordnet sind, laufen sehr unruhig und erreichen dadurch keine zufrieden stellende Lebensdauer. Die Pumpen müssen also vor Lufteintrag und Turbulenz wirksam geschützt werden. Unter anderem bildet der Einbau eines Einlaufbleches eine wirksame Maßnahme. Die Unterkante des Einlaufblechs muß dabei stets eingetaucht sein, d. h. sie muss bis unterhalb des niedrigsten Wasserstandes im Sammelschacht reichen (siehe Abbildung).

Bei Abwasserpumpwerken liegt in der Regel eine ansteigende Druckrohrleitung vor. Nach Abschalten der Pumpe fließen die Feststoffe, die im Fördermedium enthalten sind, insbesondere die schweren Bestandteile (z. B. Sand), in der Druckrohrleitung zurück. Das Rückschlagorgan muss nun so angeordnet werden, dass sich die zurückfließenden Feststoffe nicht unmittelbar im Rückschlagorgan ablagern können und deren Funktion behindern.

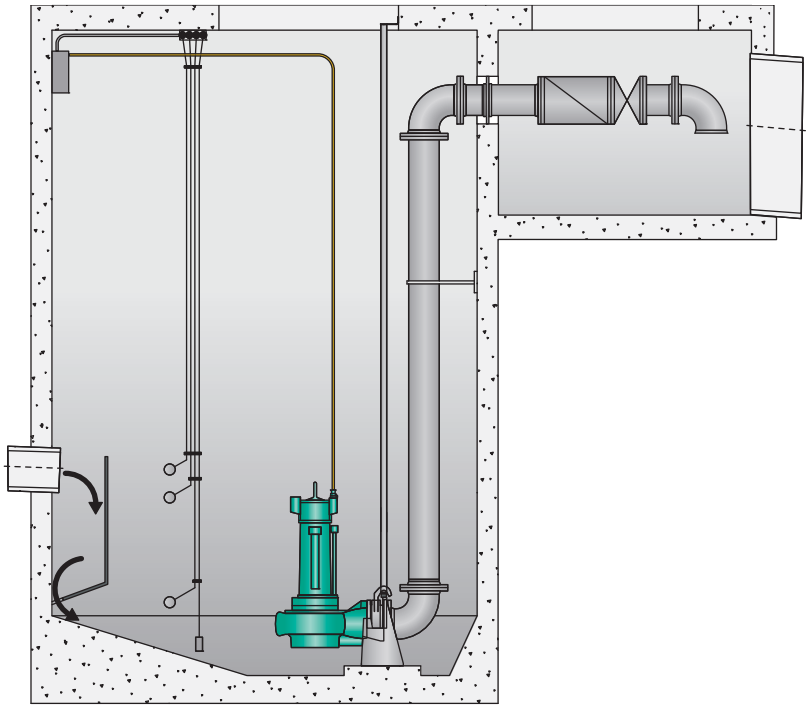
Vertikale Lage: Feststoffablagerungen unmittelbar im RV



Horizontale Lage: Feststoffablagerungen vor und nach dem RV



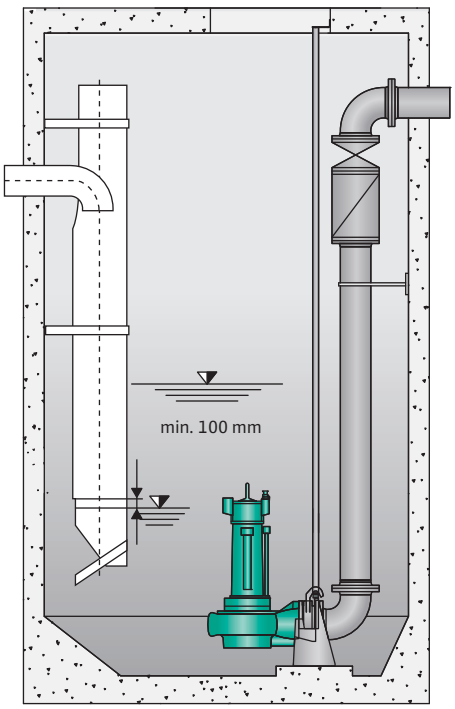
Anordnung des Rückschlagorgans im Armaturenschacht

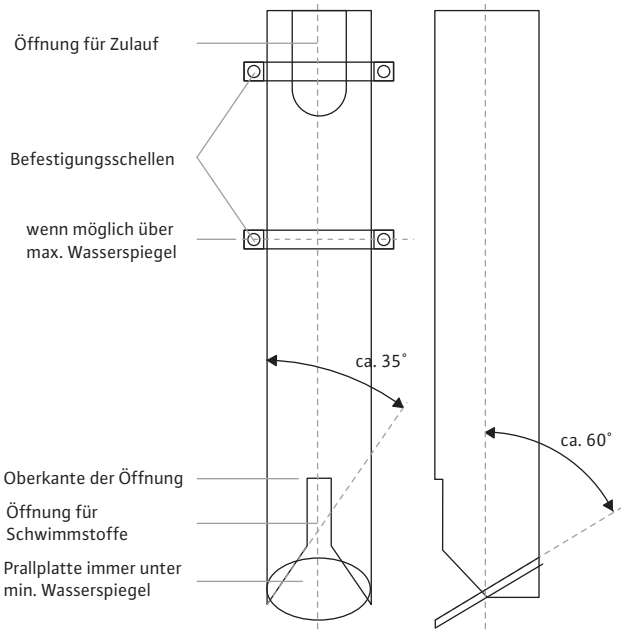


Bei langer Druckrohrleitung ist das Rückschlagorgan stets im horizontalen Bereich anzuordnen.

Darüber hinaus sollten die Armaturen leicht und problemlos zugänglich sein für evtl. notwendige Überprüfungen und Reinigungen. Bei Schachtpumpwerken bietet es sich an, die Armaturen in einem separaten Schacht unmittelbar am Pumpwerk unterzubringen (siehe Abbildung).

Anordnung des Staurohrs unmittelbar am Einlauf





Durch die empfohlene Anordnung des Staurohres wird für eine Entlüftung des Wassers und Verminderung der Bewegungsenergie auf engstem Raum gesorgt.

Vorteile:
- handelsübliches Kunststoffrohr (oder Stahlrohr), z. B. DN 300 für Zuflüsse bis 40 l/s
- geringer Platzbedarf
- einfache Befestigung
- unabhängig von der Schachtform

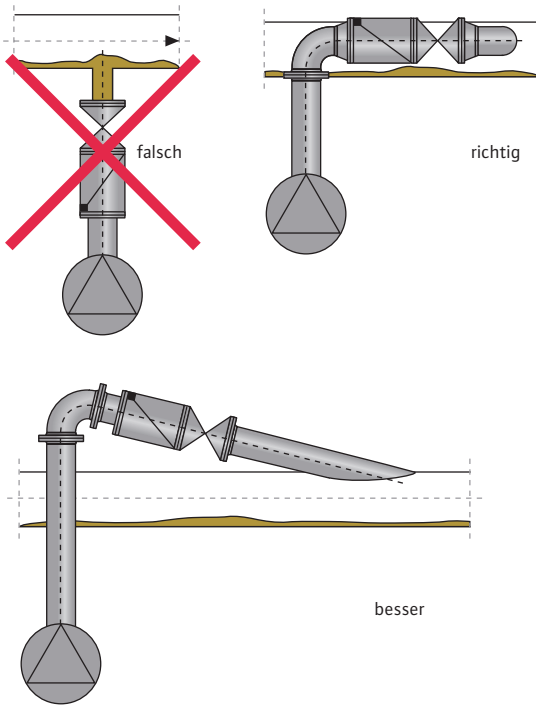
Bei Förderung von Abwasser ist stets damit zu rechnen, dass sich Feststoffe, die im Fördermedium enthalten sind, absetzen. Eine stärkere Konzentration dieser Feststoffablagerungen führt zu Störungen bei Armaturen und Pumpen. Werden Pumpen an eine Sammelleitung angeschlossen, ist darauf zu achten, dass derartige Ablagerungen möglichst nicht in die Rückschlagorgane oder Pumpen gelangen.

Für die Praxis ergeben sich dadurch folgende Forderungen:

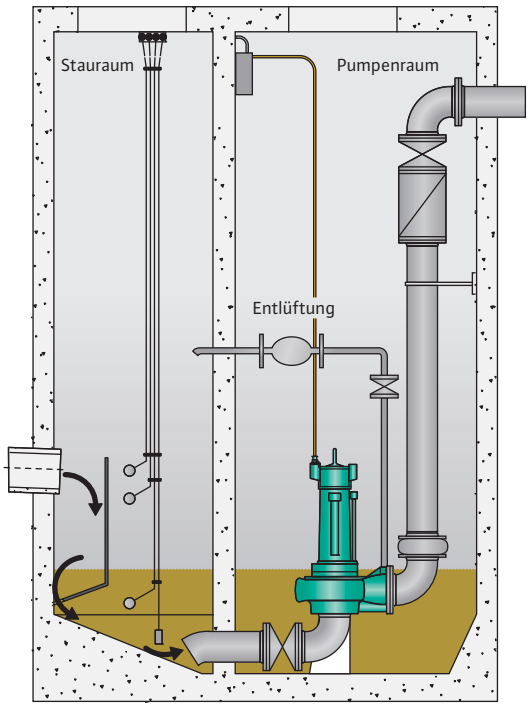
Der Anschluss darf nicht im unteren Bereich der Sammelleitung erfolgen. In diesem Fall würden die Feststoffe unmittelbar in die Einzelleitung fließen können und dort zu Störungen bei Rückschlagorgan und Pumpe führen. Einzelleitungen werden deshalb stets im oberen Bereich der Sammelleitung in Strömungsrichtung angeschlossen. Ebenfalls sollten die Armaturen (Rückschlagorgan und Schieber) unmittelbar vor der Anschlussstelle angeordnet werden (siehe Abbildung).

Eine zusätzliche Sicherheit kann erreicht werden, wenn die Einzelleitung über die Sammelleitung geführt wird und oben in Strömungsrichtung an die Sammelleitung angeschlossen wird (siehe Abbildung).

Anschluss von Pumpen an eine Sammelleitung



Entlüftung von Pumpen in Trockenaufstellung



Bei nicht selbstansaugenden Kreiselpumpen muss das Fördermedium den Pumpen zufließen. Eine Förderung tritt erst ein, wenn das Laufrad der Kreiselpumpe praktisch vollständig mit Wasser beaufschlagt ist.

Bei der erstmaligen Inbetriebnahme eines Pumpwerks werden Pumpe und die Rohrleitung entlüftet, damit das Fördermedium entsprechend der Zulaufhöhe oder des Zulaufdruckes in die Pumpe bzw. in die Rohrleitung steigen kann.

In der Regel erfolgt diese Entlüftung einmalig vor Inbetriebnahme durch Entlüften der Pumpe am Druckstutzen oder Anlüften des Rückschlagventils.

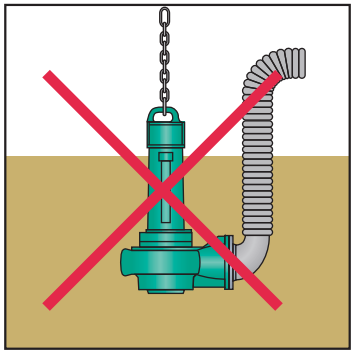
Ist das Pumpengehäuse geflutet, so kann die Pumpe jederzeit die Förderung aufnehmen.

Eine laufende Entlüftung kann entfallen, wenn die Pumpe bei Erreichen eines Mindestwasserstands abgeschaltet wird. Der Mindestwasserstand wird dabei so festgelegt, dass das Laufrad der Pumpe immer geflutet ist und keine Luft durch die Saugrohrleitung eingesaugt werden kann.

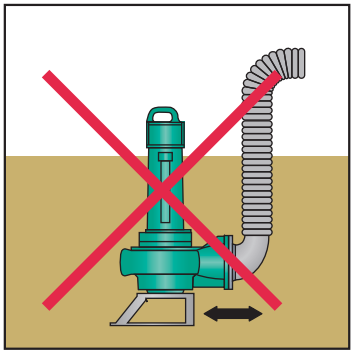
Lässt sich diese Forderung nicht verwirklichen, so muss für eine ständige Entlüftung gesorgt werden. Zu diesem Zweck wird in der Regel eine Entlüftungsleitung vom Druckstutzen der Pumpe bis in den Luftraum des Sammelschachts verlegt (siehe Abbildung).

Änderungen vorbehalten 10/2008 WILO SE

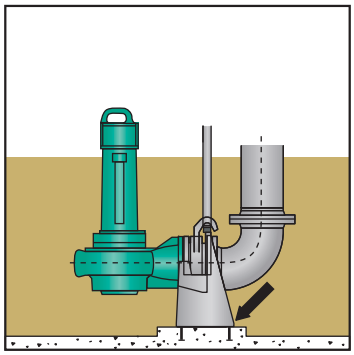
Aufstellung von Abwasserpumpen



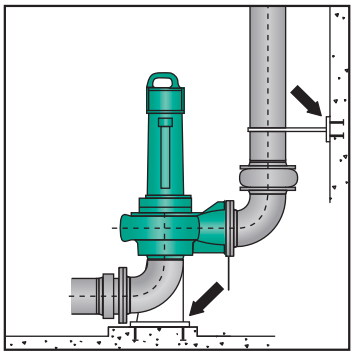
falsch



falsch



Nassaufstellung
Fußkrümmer am massiven Untergrund befestigt



Trockenaufstellung
Pumpenfuß am massiven Untergrund befestigt

Wenn mehrere Pumpen in einem Pumpwerk arbeiten, wird zweckmäßigerweise eine Sammelentlüftungsleitung oberhalb des maximalen Wasserstands angebracht. Jede einzelne Pumpe wird dann mit einer eigenen Entlüftungsleitung an die Sammelentlüftungsleitung angeschlossen.

Bei stationärem Betrieb (längere Betriebszeit) sollte eine Pumpe nicht frei auf einer glatten Unterlage aufgestellt werden. Durch Anlaufdruck, Strömungsimpulse und Eigenschwingungen würde sich die Pumpe auf der glatten Unterlage ständig bewegen, wobei eine Vielzahl von Stößen auftritt. In diesem Fall muss die Pumpe am Boden oder durch sonstige Vorrichtungen befestigt werden, um in ihrer Position fixiert zu sein.

Die Fixierung der Pumpe muss an einem ruhenden, stabilen System erfolgen, das selbst keine (oder möglichst keine) Schwingungen ausführt, überträgt oder reflektiert.

Gut geeignet für die Fixierung der Pumpe sind Fußkrümmer (Trockenaufstellung) oder eine Einhängevorrichtung (Nassaufstellung) unmittelbar am Boden eines massiven Bauwerks (bzw. Schachts).

Äußerst ungünstig ist die Befestigung der Pumpe auf einem System, das selbst Schwingungen höherer Frequenz ausführt oder diesen ausgesetzt ist.

Nassaufstellung

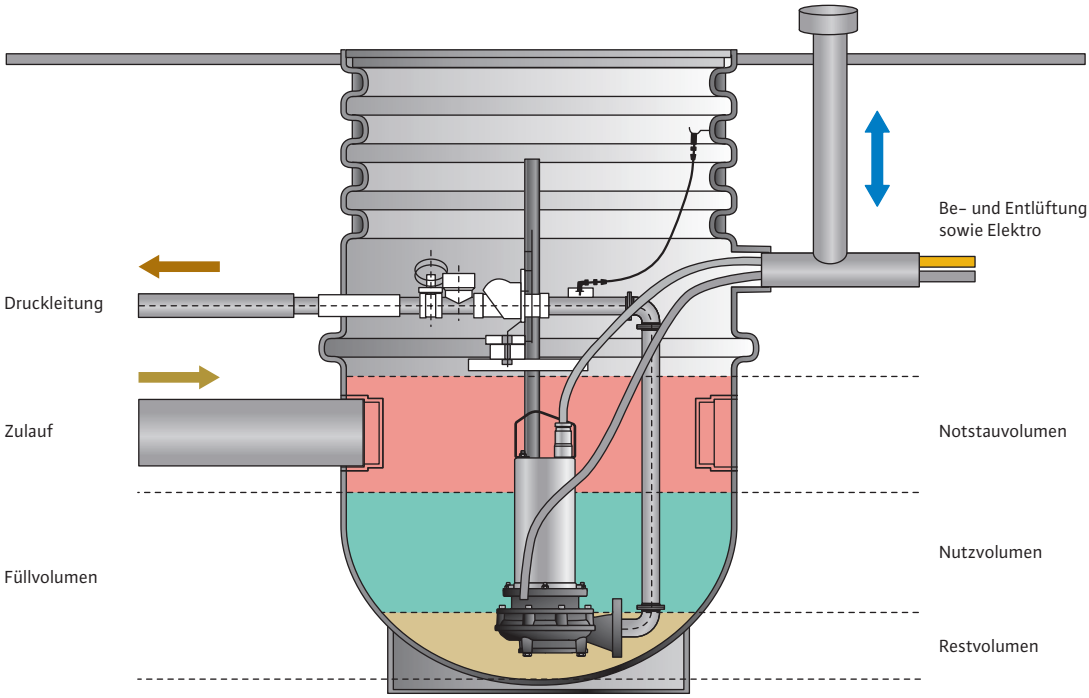
Die Pumpen (Tauchmotorpumpen) sind in das Fördermedium eingetaucht. Da es sich bei dieser Variante um einen explosionsgefährdeten Saugraum handelt, sind explosionsgeschützte Tauchmotoren einzusetzen.

Die Pumpen sind in der Regel mittels einer Klaue mit der weiterführenden Druckleitung, über einen Kupplungsfuß, verbunden.

Ein Ziehen der Pumpen zu Wartungszwecken ist, ohne das Lösen von Schrauben oder Ablassen des Wassers, von oben mittels einer Kette möglich.

Bei der Planung ist es hier erforderlich, zwischen dem Füll- und Nutzvolumen zu unterscheiden. Das Nutzvolumen errechnet sich aus der Differenz zwischen EIN- und AUS-Schaltpunkten. Dabei haben Pumpen mit interner Motorkühlung einen tieferen AUS-Schaltpunkt, der Motor kann im aufgetauchten Zustand laufen, bei allen anderen Motoren ist in der Regel der AUS-Schaltpunkt gleich Oberkante Motor.

Schachtpumpstation: Wilo-DrainLift WS



Trockenaufstellung

Dem trockenen Maschinenraum ist ein Pumpensumpf vorgeschaltet. Das Begehen der Anlage ist jederzeit möglich. Ex-Schutz für die Motoren ist nicht erforderlich.

Trocken aufgestellte Pumpen können als Antrieb einen Normmotor besitzen, der die Pumpe über elastische Kupplung oder Keilriementrieb antreibt. Auch vertikale Aufstellung mit aufgebautem Motor und Wellenverbindung über Kupplung ist möglich.

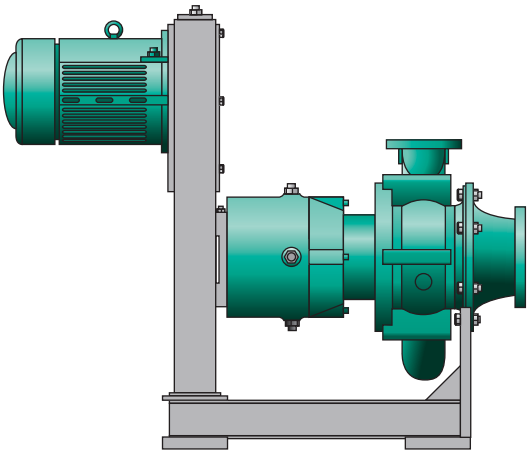
Die bessere Wahl ist die trocken aufgestellte Tauchmotorpumpe, die sowohl horizontal (bitte Herstellerangaben beachten) als auch vertikal aufgestellt werden kann. Sie besitzt eine interne Ölumlauf- oder Mantelkühlung. Weiterhin sind die Aggregate voll überflutbar, so dass die Entsorgung auch bei einer Überflutung des Pumpwerks gewährleistet bleibt.

Auch hier muss sorgfältig der AUS-Schaltpunkt eingestellt werden. Er muss immer über der Hydraulik liegen, sonst besteht die Gefahr eines Lufteinschlusses, der den nächsten Fördervorgang blockiert.

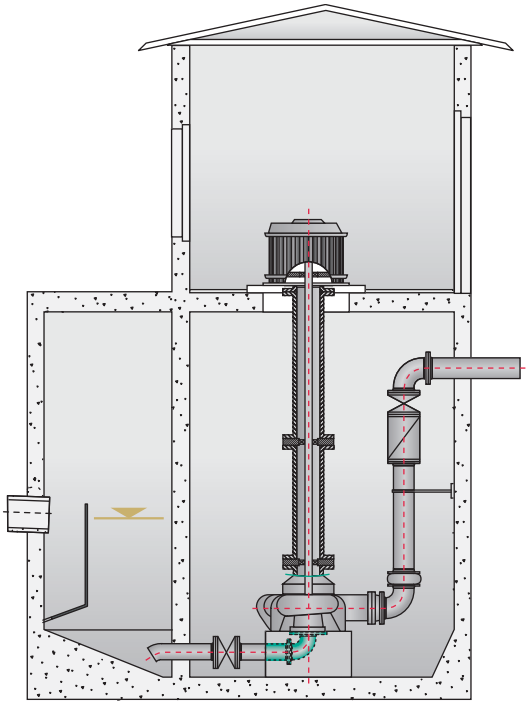
Zulaufverhältnisse

Pumpen für Förderströme bis 100 l/s: Bei Einschalten der Pumpe muss das Fördermedium der Pumpe mit einem Zulaufdruck von mindestens 0,5 m zufließen. Um das Einsaugen von Luft zu vermeiden, soll die Wasserüberdeckung über Saugstutzen ebenfalls immer mindestens 0,5 m betragen. Die Zulaufleitung zur Pumpe muss stetig steigend installiert sein.

Trocken aufgestellte Pumpen mit Normmotor und Keilriemenantrieb



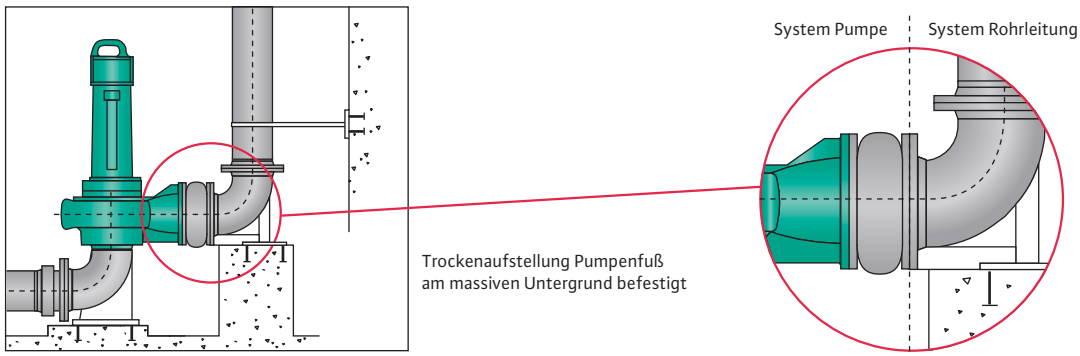
Vertikal aufgestellte Pumpen mit aufgebautem Motor mit Kupplung



Achtung!
In beiden Fällen muss auf ausreichende Motorkühlung geachtet werden.

Trocken aufgestellte Tauchmotorpumpen mit interner Ölumlaufkühlung ohne zusätzliche Belüftung

Druckleitungsanschluss von Abwasserpumpen



Rohrleitungen stellen selbst Schwingungssysteme dar. Durch die Strömung und Umlenkung treten Kräfte auf, die zu einer Eigenschwingung der Rohrleitung führen. Darüber hinaus übertragen und reflektieren Rohrleitungen an sie abgegebene Schwingungen. Bei einer starren Verbindung zwischen Rohrleitung und Pumpe findet somit eine ständige gegenseitige Beeinflussung statt.

Der Anschluss an längere Rohrleitungen darf nicht starr sein, sondern muss über Kompensatoren erfolgen.

Zuverlässiger Abwassertransport

Überall, wo kommunales und industrielles Abwasser entsteht, muss es gesammelt und der Kläranlage zugeführt werden. Unterflurpumpwerke gleich im PEHD-Schacht oder für Betonschächte sind dafür bestens geeignet. Sie arbeiten zuverlässig und bieten darüber hinaus größtmöglichen Schutz vor Korrosion.

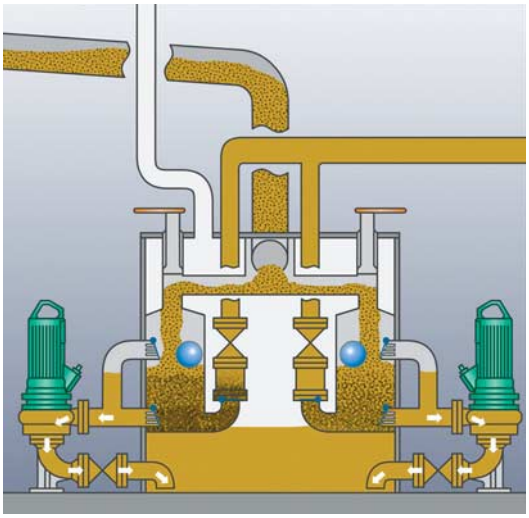
Feststofftrennsystem

Funktion

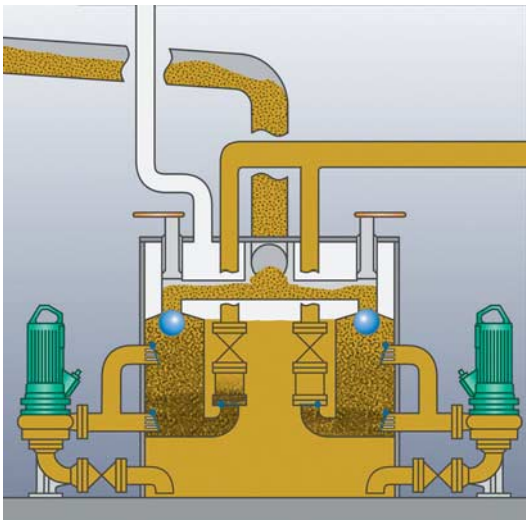
Bei diesem System gelangt das zuströmende Abwasser in den Verteilerbehälter und fließt weiter in den jeweils offenen Feststofftrennbehälter. Hier werden die Feststoffe von den Trennklappen zurückgehalten und die Feststoffe „ausgefiltert". Nur das vorgereinigte Abwasser kann jetzt noch weiter durch die Pumpe in den großen, gemeinsamen Sammelbehälter gelangen. Wird nun der Sammelbehälter gefüllt, steigt auch der Wasserstand im Feststofftrennbehälter an. Die Absperrkugel verschließt automatisch den Zulauf.

Jetzt setzt niveauabhängig der Pumpvorgang ein. Die Pumpe fördert in umgekehrter Richtung und öffnet mit dem Volumenstrom des vorgereinigten Abwassers die Trennklappen. Das Abwasser durchströmt den Feststofftrennbehälter und befördert so die darin „ausgefilterten" Feststoffe in die abgehende Druckrohrleitung.

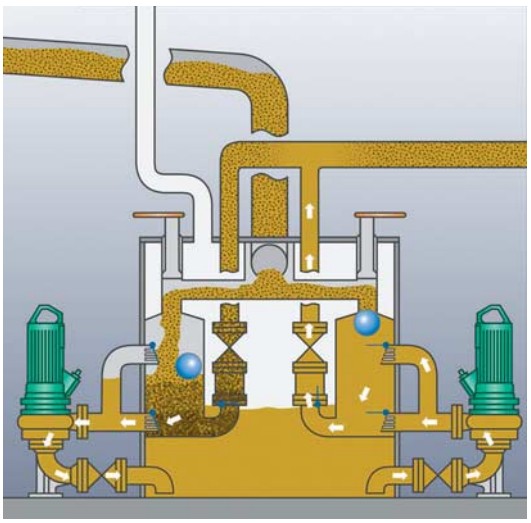
Es erfolgt die Freispülung und Säuberung des gesamten Feststofftrennsystems. Beendet wird der Pumpvorgang ebenfalls niveauabhängig. Die Absperrkugel fällt herunter und gibt den Weg für einen neuen Füllvorgang frei. Während dieses Pumpvorgangs wird das Abwasser in den anderen Feststofftrennbehälter geleitet. Die geringen Betriebskosten entstehen durch die Verwendung von Pumpen mit kleinen Kugeldurchgängen, da bei diesen eine kleinere Motorleistung ausreicht.



Beide Seiten: Füllvorgang



Einschaltpunkt ist erreicht



Links Füllvorgang – rechts Pumpvorgang

Unterflurpumpwerke mit trocken aufgestellten Pumpen und Feststofftrennsystem

Beim Pumpvorgang kommen die Pumpen mit den Feststoffen im Abwasser selbst nicht in Berührung.

Daraus ergeben sich folgende Vorteile:
- niedrige Wartungs- und Betriebskosten für die beweglichen Pumpenteile
- Pumpenraum ist trocken, sauber und geruchsfrei
- hygienische Bedingungen für Wartung und Montagearbeiten
- Ausrüstung als Doppelpumpstation; Anlage bleibt auch bei Wartung einer Pumpe voll funktionsfähig
- Abwassertauchmotorpumpen mit angepasstem Laufrad
- keine Korrosionsprobleme, keine Auswirkung bei Schwefelwasserstoff-Bildung
- Einsatz von Pumpen mit Kugeldurchgang < 80 mm, dadurch niedriger Kraftbedarf bei größerem Wirkungsgrad
- geringerer Verschleiß, da die Feststoffe nicht durch die Hydraulik gefördert werden
- Abwassertauchmotorpumpen mit Schutzart IP 68 (überflutbar)
- fast vollständige Entleerung des Sammelraumes, da bei diesem System bei jedem Pumpvorgang weit unterhalb der Hydraulik abgepumpt wird. Bei jedem Füllvorgang wird die Luft über den Zulauf aus dem Pumpengehäuse verdrängt. So ist das Volumen des Sammelraumes auch fast das Nutzvolumen

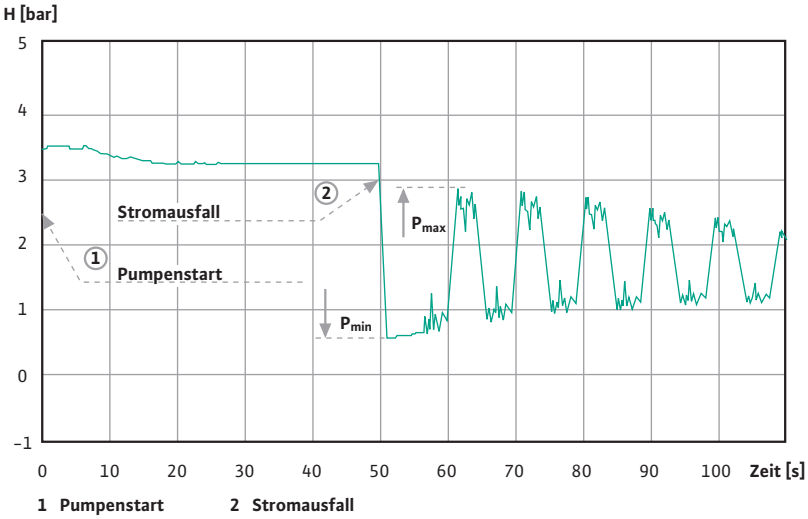
Druckstoßberechnung

Druckstöße und ihre Entstehung

Wird in einer Rohrleitung der Massenstrom beschleunigt oder abgebremst, wird die enthaltene Bewegungsenergie in Druckenergie umgewandelt. Das verzögernde oder beschleunigende Organ (z. B. Pumpe, Ventil, Rückschlagklappe usw.) bezeichnet man als Störstelle. Vor und nach der Störstelle entsteht jeweils eine Druckerhöhung bzw. Druckabsenkung, je nachdem, ob beschleunigt oder verzögert wird. Diese Druckmaxima, die sich auf beiden Seiten der Störstelle fortpflanzen, werden als positiver und negativer Druckstoß bezeichnet. Je größer die positive bzw. negative Beschleunigung ist, um so größer ist der entstehende Druckstoß. Die Druckstöße bewegen sich mit einer Geschwindigkeit von 200 m/s bis 1300 m/s in der Rohrleitung fort (abhängig von: E-Modul des Rohrleitungswerkstoffs, E-Modul und Dichte des Fördermediums, Abmessung und Lagerung des Rohres).

An den so genannten Reflexionsstellen (z. B. Querschnittsänderungen, Absperrschieber, T-Stücke, Pumpen, Auslauf usw.) werden die Druckstöße teilweise reflektiert. Es entstehen auch Überlagerungen der einzelnen Über- und Unterdruckwellen, so dass Auslöschungen und Überhöhungen zustande kommen. Bei starker Abbremsung (z. B. Stromausfall ⇒ plötzliches Abschalten der Pumpe) kann der Dampfdruck der Flüssigkeit (ca. 0,03 bar) erreicht werden, was zum Abreißen der Flüssigkeitssäule führt. Beim Wiederzusammentreffen der getrennten Flüssigkeitssäulen kann es zu erheblichen Wasserschlägen kommen.

Druckverlauf nach der Pumpe in Höhe der Rückschlagklappe (Berechnungsergebnis)



1 Pumpenstart 2 Stromausfall

Folgende Fehler können die Ursachen für Druckstöße sein

Fehler	Wirkung
in der Stromversorgung	• Stromausfall: Pumpe läuft entsprechend Massenträgheitsmoment aus. • Ausfall der Steuerspannung für Armaturen.
in der Anlagenplanung	• Zu kurz gewählte Anlaufzeit: Bei leerer Rohrleitung starker Füllstoß, bei Lufteinschlüssen bewegen sich die Blasen mit hoher Geschwindigkeit durch die Rohrleitung. • Zu kurz gewählte Auslaufzeit: Die beschleunigte Wassersäule bewegt sich weiter und erzeugt Unterdruck. • Zu wenig oder falsche Be- und Entlüftungsventile geplant. • Zu schnelles Ändern der Pumpendrehzahl. • Wahl ungeeigneter Rückschlagorgane.
in der Anlage	• Zu schnelles Schließen von Absperrorganen (Bedienungsfehler ...). • Defektes Absperrorgan. • Versagen von Be- und Entlüftungsventilen. • Plötzliches Verstopfen der Pumpe. • Flattern beweglicher Teile in Armaturen, Druckschwingungen.

Gefahren von Druckstößen

Gefährdung der Anlagenkomponenten

- Im ungünstigsten Fall Bruch der Rohrleitung durch Überdruck oder Unterdruck.
- Zerstörung der Armaturen.
- Zerstörung der Pumpen.
- Lockerung von Muffenverbindungen.
- Die Rohrleitung kann sich beim Durchlaufen von stärkeren Druckgradienten in der Verankerung verschieben oder sogar die Verankerung herausreißen.

Geräuschentwicklung

- Zuschlagen der Rückschlagklappen erzeugt Geräusche und Schwingungen.
- Die Massenbewegungen in der Rohrleitung erzeugen Poltergeräusche.
- Lufteinschlüsse schießen als Gasblasen mit hoher Geschwindigkeit durch die Rohrleitung.
- Die Lautstärke kann so groß werden, dass Anwohner belästigt werden.

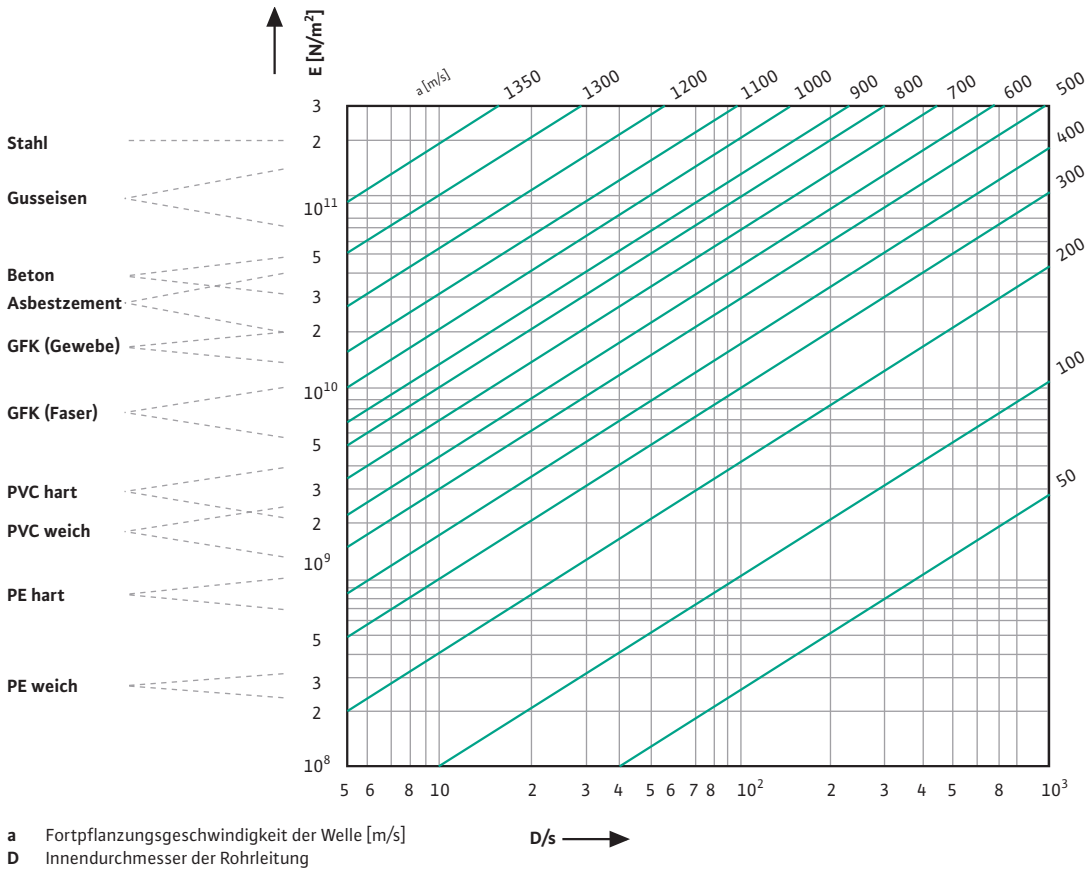
Einschätzung von Druckstößen

Die folgend genannten Faktoren sind maßgeblich für die Gefährdung von Druckleitungen Druckstöße.

Die Druckstoßgefahr wird größer:

- je länger die Rohrleitung ist
- je größer die Geschwindigkeitsänderung ist (damit: je größer die Fließgeschwindigkeit ist)
- je kürzer die Zeit ist, in der die Geschwindigkeitsänderung stattfindet
- je größer die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Welle ist
- je größer die manometrische Förderhöhe ist

Fortpflanzungsgeschwindigkeit in Abhängigkeit des E-Moduls der Rohrleitung (für wassergefüllte Rohrleitungen)



a Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Welle [m/s]
D Innendurchmesser der Rohrleitung
s Wandstärke der Rohrleitung
E E-Modul der Rohrleitung [N/m²]

Druckstoßberechnungen

Instationäre Strömungsvorgänge in flüssigkeitsführenden Leitungen rufen dynamische Belastungen hervor, die weit über die statischen hinausgehen können. Solche Situationen treten beispielsweise beim Anfahren und Abschalten von Pumpen auf oder beim Ansprechen bzw. bei der Betätigung von Armaturen, die den Flüssigkeitsstrom freigeben oder stoppen. Um die damit verbundenen Belastungen zu quantifizieren und gegebenenfalls dämpfende Maßnahmen dimensionieren zu können, sind dynamische Druckstoßberechnungen erforderlich. Zunehmend fordern auch die technischen Überwachungsvereine diesbezügliche Dokumentationen für neu zu errichtende Anlagen.

Trinkwasserleitungen und Warmwasserleitungen für den Transport von Fernwärme, sowie Abwasserleitungen sind besonders im Falle eines plötzlichen Pumpenstopps durch Stromausfall gefährdet. In dieser Situation hilft kein projektierter Sanftablauf, außerdem bleiben alle Pumpen gleichzeitig stehen. Das führt in den meisten Fällen zur Dampfdruckunterschreitung und zu ausgedehnter Dampfblasenbildung in der Leitung. In der Rückschwingphase kollabieren die Dampfräume und erzeugen sehr hohe Druckwellen mit steilen Fronten. Diese können bei entsprechender Überschreitung der Druckbelastbarkeit die Leitung an Ort und Stelle zerstören oder bei ihrer Ausbreitung im System auch an anderer Stelle Schaden an Leitungen und Armaturen anrichten.

Eine immer wieder unterschätzte Wirkung der kollabierenden Dampfräume sind die erzeugten Druckgradienten. Selbst wenn die Druckbelastbarkeit der Leitung noch Reserven aufweist, führen die starken dynamischen Druckunterschiede auf kurzer Länge zu einer Bewegung der Leitung, die diese aus der Verankerung reißen bzw. über Hebelwirkungen Abzweigungen und Flanschanschlüsse beschädigen kann.

Druckstoßberechnungen nach der Charakteristikenmethode

In den für Stoßwellenvorgänge in Leitungen zuständigen partiellen Differentialgleichungen werden die Orts- und die Zeitkoordinaten über die positive und negative Wellenausbreitungsgeschwindigkeit (die Charakteristiken) verknüpft und so die partiellen Differentialgleichungen in einen Satz gewöhnlicher Differentialgleichungen transformiert. Letztere werden dann numerisch nach einem Differenzenverfahren gelöst. Das ist die derzeit genaueste Methode zur Lösung von Druckstoßproblemen an Leitungen und Leitungssystemen.

Die Vorteile dieser Methode sind:

- Sicher erfüllte Stabilitätskriterien.
- Anpassung an beliebige Anfangs- und Randbedingungen.
- Es können sehr komplexe Systeme behandelt werden.
- Das Verfahren hat eine hohe Anschaulichkeit und fördert das physikalische Verständnis.
- Programmfehler machen sich schnell anhand unplausibel verlaufender Vorgänge bemerkbar.

Dem Stand der modernen Computertechnik entsprechend werden die berechneten Druckschwingungen dynamisch auf dem Bildschirm dargestellt. Das ermöglicht ein rationelles Arbeiten, insbesondere bei Variantenuntersuchungen und der Dimensionierung von druckstoßdämpfenden Maßnahmen. Bei dem zur Anwendung gelangenden Computerprogramm kann auch auf neuartige Fragestellungen problemlos eingegangen werden. Außerdem werden in jedes Programm nur die Elemente aufgenommen, die zur Lösung des jeweiligen Anwendungsfalles nötig sind. Damit können auch sehr komplexe Aufgabenstellungen noch auf dem PC gelöst werden.

Diese Einheit von Programmentwicklung und Benutzung garantiert auch, dass der Blick für die zugrunde liegenden physikalischen Vorgänge nicht verloren geht. Letztendlich kann nur derjenige die Ergebnisse richtig interpretieren und verantwortungsvoll in der Praxis umsetzen, der die Berechnungsgrundlagen und auch ihre Grenzen kennt.

Ergebnisse der Druckstoßberechnung

Als Ergebnis der Bearbeitung wird eine ausführliche Dokumentation übergeben, bestehend aus erläuterndem Text und überwiegend grafischer Darstellung der berechneten Ergebnisse. Wenn es die Problemstellung erlaubt, werden auch Demo-Programme mitgeliefert, die es gestatten, die untersuchten Szenarien dynamisch auf dem eigenen PC ablaufen zu lassen. Damit wird das physikalische Verständnis der Druckstoßvorgänge wesentlich gefördert.

Trinkwasserleitungen werden vorzugsweise durch Druckbehälter vor dem Auftreten von Druckstößen geschützt. Die für den konkreten Anwendungsfall erforderlichen Behälterabmessungen und die Art der Einbindung werden in den Rechnerläufen ermittelt. Bei längeren Zuleitungen saugseitig der Pumpen können auch dort Druckstoßdämpfungsbehälter erforderlich werden. Deshalb wird geraten, die Druckstoßproblematik zeitig genug untersuchen zu lassen, damit der Platzbedarf im Projekt berücksichtigt werden kann.

Leitungen im Abwasser- und Brauchwasserbereich werden gegen die Gefahren des Pumpenstopps bei Stromausfall durch entsprechend dimensionierte und entlang der Leitung verteilte Be- und Entlüftungsventile geschützt. In den Berechnungen werden die erforderlichen Luftleistungen der Ventile bestimmt, sowie ihre Anzahl und die Anbringungspunkte. Entsprechend der erforderlichen Luftleistung werden geeignete Produkte einschlägiger Firmen benannt.

Benötigte Unterlagen für die korrekte Durchführung der Druckstoßberechnungen

- Übersichtsskizze des Gesamtsystems. Oftmals sind Anbindungen von Bedeutung, die auf den ersten Blick als unwichtig erscheinen (Anbindungen, die nicht fließen). Diese Anbindungen erzeugen Energiedissipation und beeinflussen damit die Druckstoßberechnung.
- Topografie der Leitungsführung (Längsschnitte oder Höhenlinienkarte mit eingetragener Leitungsführung).
- Angabe des Rohrleitungsmaterials (z. B. PE-HD, PVC, GGG, St usw.).
- Genaue Rohrleitungsdimensionen, d. h. Rohrleitungsinnen- und Außendurchmesser (bzw. Wandstärke, SDR-Verhältnis oder Rohrserie). Die veraltete Angabe des „DN"-Durchmessers genügt nicht!
- Sicherheitsfaktor oder Druckstufe der Rohrleitungen.
- Rohrrauigkeit k.
- Alle Angaben über Einbauten der gesamten Rohrleitung (Positionen, Art, Zeta-Werte usw.).
- Pumpenkennlinien (Förderhöhe, Leistung, $NPSH_{Pumpe}$-Wert, Massenträgheitsmoment von Pumpe und Motor).
- Schaltung der Pumpen und vorgesehenes Betriebsregime.
- Falls Probleme zu Öffnungs- bzw. Schließvorgängen von Schiebern untersucht werden sollen: hydraulische Diagramme der Organe (Zeta/Öffnungsgrad oder kv/Öffnungsgrad-Diagramme).
- Falls ein Druckbehälter eingesetzt werden soll: Rohrleitungsdurchmesser des Rohrstücks an der Stelle, wo der Anschluss in Frage kommt.

Vermeiden von unzulässigen Druckstößen

Bei langen Leitungen oder hohen Fließgeschwindigkeiten können beim An- bzw. Abschalten der Pumpen sehr hohe Druckstöße auftreten, die zu einer Beschädigung von Armaturen und Dichtungsorganen führen. Um diese Druckstöße zu reduzieren, sind verschiedene Einrichtungen möglich: z. B. Einbau eines Elektroschiebers, Einbau eines Druckbehälters, drehzahlgeregeltes Anfahren und Abschalten der Pumpe, Einbau von mehreren Rückschlagklappen usw.

Feld 3
Feld 4
Feld 5

Elektrotechnische Grundlagen

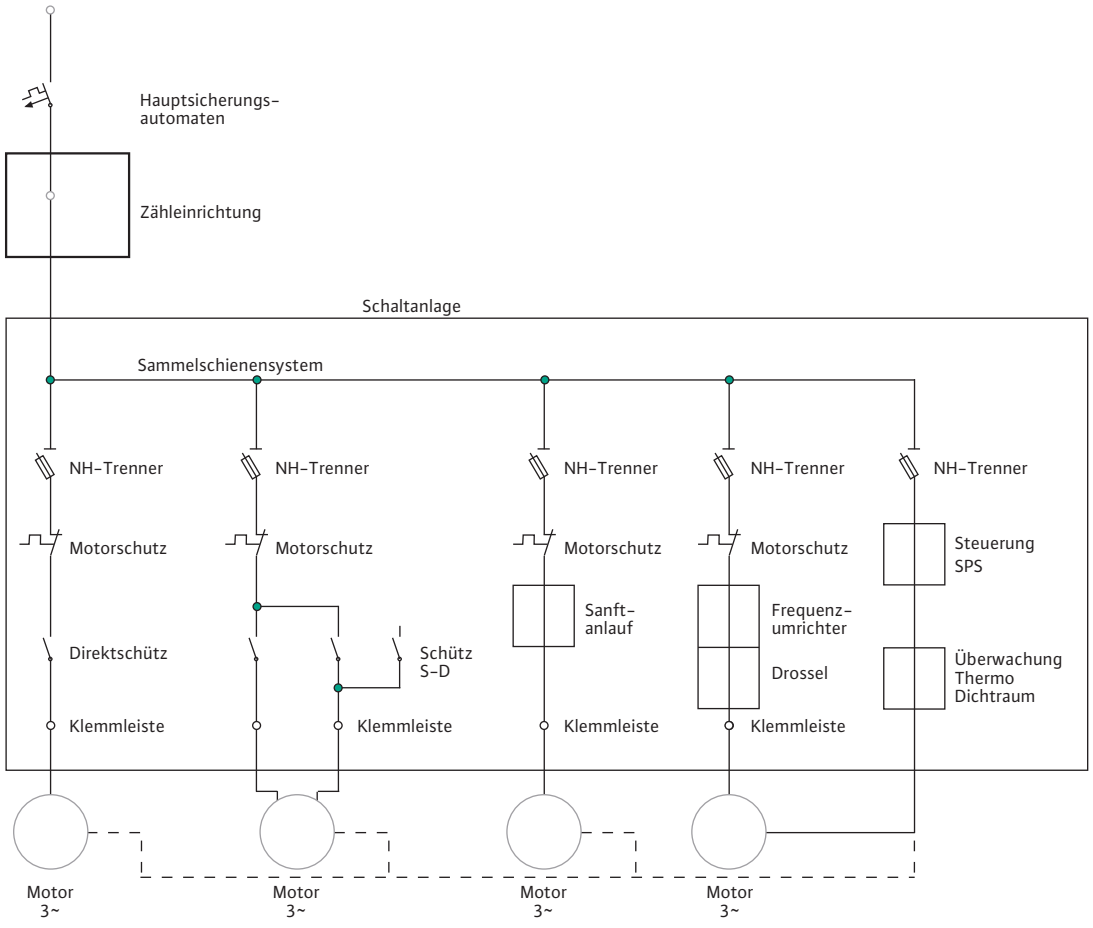
Um Pumpen der neuesten Generation zuverlässig und wirtschaftlich betreiben zu können, ist die dazugehörige Schaltanlage/Steuerung ebenso wichtig wie die Pumpe selbst. Dies betrifft die Energieversorgung des Motors sowie die Überwachung und Regelung der Pumpe oder des Rührwerks.

Der folgende Teil soll eine Hilfestellung für die richtige Planung und Auslegung der elektrischen Anlage geben. Als Inhalt finden sie allgemeine Grundlagen sowie spezielle Themen die bei der Verwendung unserer Produkte zu beachten sind.

Zugrunde gelegt wurden deutsche/europäische Normen und Gesetzesgrundlagen.

Der schematische Anlagenaufbau stellt den Weg vom Energieversorger zum Verbraucher dar. Dabei können verschiedene Einschaltarten auftreten, die hier beispielhaft dargestellt sind.

Schematischer Aufbau einer Schaltanlage mit verschiedenen Einschaltarten der Motoren



Elektrische Anlagen

Die Versorgung mit elektrischer Energie wird durch die Energieversorgungsunternehmen sichergestellt. Diese stellen den Übergabepunkt inklusive der Zähleinrichtung zur Verfügung. Bei der Errichtung einer elektrischen Anlage sind die technischen Anschlussbestimmungen (TAB) des zuständigen Energieversorgers zu beachten!

Netzart

Für die Verteilung der elektrischen Energie wurden Festlegungen getroffen die den Netzaufbau definieren, zum Beispiel DIN VDE 0100-300.

Netzarten werden unterschieden durch:
- Anzahl der Außenleiter
- Spannung und Stromart
- Frequenz
- Spannungshöhe

Durch diese genormten Festlegungen wird die Funktion der Anlage sowie die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen gewährleistet. Die in der Praxis vorkommenden Systeme werden durch eine einheitliche Kennzeichnung mit Buchstaben gekennzeichnet.

Die angewandten Kurzzeichen haben folgende Bedeutung:

Erster Buchstabe:
Erdverbindung der speisenden Stromquelle

T direkte Erdung eines Punktes (Sternpunkt des Transformators)

I entweder Isolierung aller aktiven Teile von der Erde oder Verbindung eines Punktes mit der Erde über eine Impedanz

Zweiter Buchstabe:
Erdverbindung der Körper der elektrischen Anlage

T Körper direkt geerdet, unabhängig von der etwa bestehenden Erdung eines Punktes der Stromversorgung

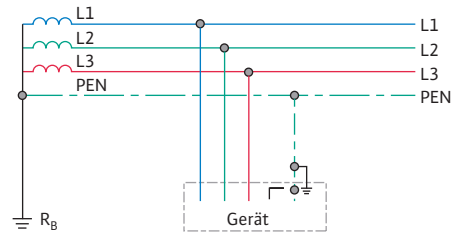
N Körper direkt mit der Betriebserde verbunden. In Wechselspannungsnetzen ist der geerdete Punkt im Allgemeinen der Sternpunkt.

Weitere Buchstaben:
Anordnung des Neutralleiters und des Schutzleiters

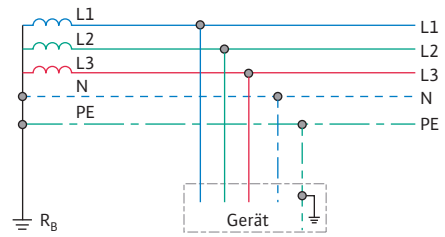
S Neutralleiter und Schutzleiter sind getrennt (separat)

C Neutralleiter und Schutzleiter sind in einem Leiter kombiniert

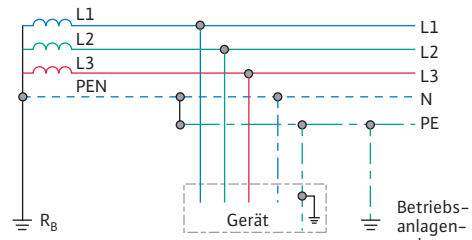
TN-C Netz
- Transformatorsternpunkt geerdet (Betriebserdung)
- Körper über PEN-Leiter mit der Betriebserde verbunden
- Neutralleiter und Schutzleiter im gesamten System in einem einzigen Leiter zusammengefasst



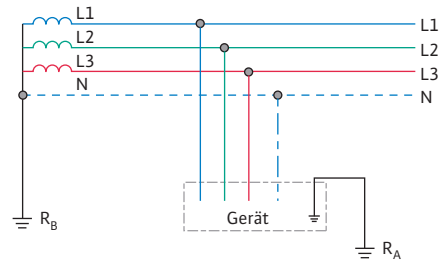
TN-S Netz
- Transformatorsternpunkt geerdet (Betriebserdung)
- Körper über Schutzleiter mit der Betriebserde verbunden
- Neutralleiter und Schutzleiter im gesamten System getrennt geführt



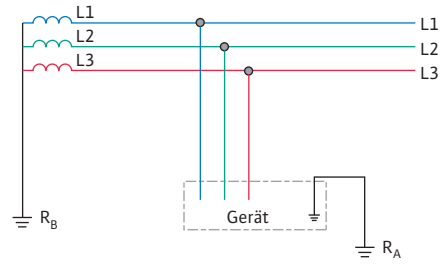
TN-C-S Netz
- Transformatorsternpunkt geerdet (Betriebserdung)
- Körper über PEN oder Schutzleiter mit der Betriebserde verbunden
- Neutralleiter und Schutzleiter im System teilweise getrennt oder kombiniert geführt



TT-Netz
- Transformatorsternpunkt geerdet (Betriebserdung)
- Körper direkt geerdet



IT-Netz
- Körper der Anlage sind geerdet
- Aktive Teile sind gegen Erde isoliert



Schutzmaßnahmen (DIN VDE 0100-410)

Die verschiedenen Schutzmaßnahmen dienen dem Schutz von Menschen und Tieren gegen gefährliche Körperströme bzw. gegen einen elektrischen Schlag. Dabei sind zwei grundsätzliche Maßnahmen zu beachten:

- Schutz gegen direktes Berühren
  Basis/Betriebsisolierung, die unter normalen Bedingungen das Berühren von aktiven Teilen verhindert

- Schutz gegen indirektes Berühren
  Maßnahmen, die auch im Fehlerfall beim Berühren eines Körpers eine unzulässig hohe Berührungsspannung verhindern

Die Maximale Berührungsspannung beträgt:
- 50 V Wechselspannung
  bzw. 120 V Gleichspannung für Menschen
- 25 V Wechselspannung
  bzw. 60 V Gleichspannung für Tiere

Schutzarten: (DIN EN 50529 / VDE 0470 Teil 1)
Der Schutzumfang, den ein Gehäuse z. B. für den Schutz gegen direktes Berühren bietet, wird durch das IP Kurzzeichen (International Protection) definiert. Dieses besteht aus dem „IP“ und zwei Ziffern (z. B. IP 54).

Erste Ziffer:
- Schutz von Personen gegen Zugang zu gefährlichen Teilen
- Schutz des Betriebsmittels gegen das Eindringen von festen Fremdkörpern

Zweite Ziffer:
- Schutz des Betriebsmittels gegen das Eindringen von Wasser

	Erste Ziffer		Zweite Ziffer
Kennziffer	Berührungsschutz	Fremdkörperschutz	Wasserschutz
0	Kein Schutz	Kein Schutz	Kein Schutz
1	Schutz gegen Berührung mit Handrücken	Schutz gegen feste Fremdkörper 50 mm Durchmesser	Schutz gegen senkrecht tropfendes Wasser
2	Schutz gegen Berührung mit Fingern	Schutz gegen feste Fremdkörper 12,5 mm Durchmesser	Schutz gegen schräg (15°) tropfendes Wasser
3	Schutz gegen Berührung mit Werkzeugen	Schutz gegen feste Fremdkörper 2,5 mm Durchmesser	Schutz gegen Sprühwasser schräg bis 60°
4	Schutz gegen Berührung mit einem Draht	Schutz gegen feste Fremdkörper 1,0 mm Durchmesser	Schutz gegen Spritzwasser aus allen Richtungen
5	Schutz gegen Berührung mit einem Draht	Staubgeschützt	Schutz gegen Strahlwasser
6	Schutz gegen Berührung mit einem Draht	Staubdicht	Schutz gegen starkes Strahlwasser
7	–	–	Schutz gegen zeitweiliges Untertauchen in Wasser
8	–	–	Schutz gegen dauerndes Untertauchen in Wasser

Schutz bei indirektem Berühren: (DIN VDE 0100 Teil 410)

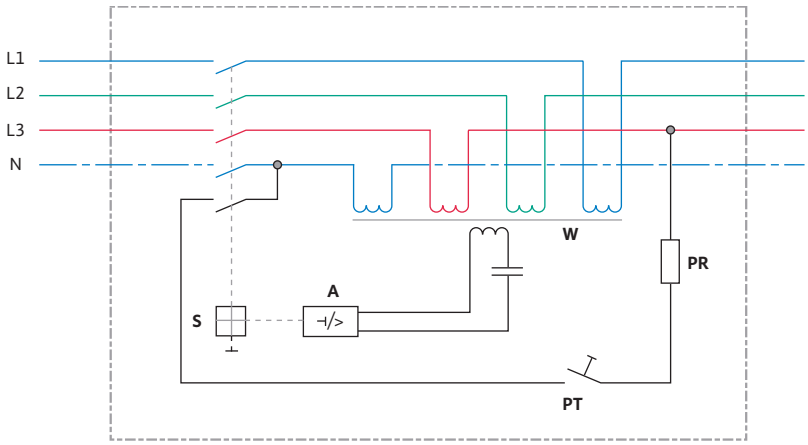
Schutz bei indirektem Berühren bedeutet, dass unter Fehlerbedingung keine unzulässig hohe Berührungsspannung auftreten kann.

Begriffe:
(DIN VDE 0100 Teil200)

Schutzleiter:
Dies ist ein Leiter, der für die Schutzmaßnahmen im TN/TT Netz gegen elektrischen Schlag erforderlich ist. Er stellt die elektrische Verbindung zu einem der folgenden Teile her:
- Körper der elektrischen Betriebsmittel
- fremde leitfähige Teile
- Haupterdungsklemme, Haupterdungsschiene, Potentialausgleichsschiene
- Erder
- geerdeter Punkt der Stromquelle oder künstlicher Sternpunkt

Funktion:
Bei einem Isolationsfehler sorgt der Schutzleiter dafür, dass am Körper des Betriebsmittels keine unzulässig hohe Berührungsspannung auftreten kann und der vorgeschaltete Überstromschutz das fehlerhafte Gerät abschaltet. Der Schutzleiter kann je nach Netzart als „PE“ oder als Kombination mit dem Neutralleiter als „PEN“ ausgeführt sein. (Ausführung nach DIN VDE 0100 Teil 540)

Aufbau und Funktion eines FI-Schutzschalters



S Schaltschloss
A Auslöser
W Summenstromwandler
PT Prüftaster
PR Prüfwiderstand

Potentialausgleich:
Der Potentialausgleich bringt die Körper elektrischer Betriebsmittel und fremde leitfähige Teile auf gleiches oder annähernd gleiches Potential. Damit andere leitfähige Teile (z. B. Rohrleitungen oder Gebäudekonstruktion) im Fehlerfall keine unzulässig hohe Berührungsspannung führen können, müssen diese Teile mit dem Potentialausgleich verbunden werden.

Folgende Teile müssen in den Potentialausgleich der Anlage einbezogen werden:
- Fundamenterder
- Schutzleiter oder PEN-Leiter
- Metallene Wasserleitungen
- Metallene Abwasserleitungen
- Zentralheizung
- Erdungsleiter für Antennenanlage
- Erdungsleiter für Fernsprechanlage
- Metallteile der Gebäudekonstruktion
- Leiter zum Blitzschutzerder

Zusätzlicher Schutz durch Fehlerstromschutzeinrichtung (RCD):

Der FI-Schutzschalter bietet den besten Schutz und wird als Schutzmaßnahme in verschieden Netzarten eingesetzt.

Er bietet zusätzlichen Schutz vor:
- direktem Berühren von aktiven Teilen
- gefährlichen Spannungen bei indirektem Berühren im Fehlerfall
- Bränden bei Erdschlussfehlern

Das Bild zeigt den grundsätzlichen Aufbau des Fehlerstromschutzschalters. Wichtigstes Bauteil ist der Summenstromwandler. Dieser registriert die zufließenden und zurückfließenden Ströme. Im ordnungsgemäßen Zustand der Anlage sind diese Ströme gleich und erzeugen nach dem Kirchhoffschen Gesetz ein Magnetfeld, das in der Summe null ist.

Fließt durch einen Fehler in der Anlage Strom über den Schutzleiter oder Erder zurück (also am Summenstromwandler vorbei), wird im Summenstromwandler eine Spannung induziert die das Schaltschloss zum Auslösen bringt.

Die Auslösung erfolgt dann mit nur sehr geringer Verzögerung, d. h. die Einwirkzeit einer Berührungsspannung bei direkter oder indirekter Berührung kann nur sehr kurz wirken. Ein wesentlich verbesserter Personenschutz als bei üblichen Schutzmaßnahmen (z. B. Überstromschutz) ist somit gewährleistet.

Auch im Brandfall bietet der FI einen besseren Schutz als die üblichen Schutzorgane, da auch Erdschlüsse abgeschaltet werden die durch Überstromorgane nicht erkannt werden.

Drehstrom-Asynchronmotoren

Alle Motoren die im Abwasserbereich eingesetzt werden, sind als Asynchronmotoren mit Kurzschlussläufer (Käfigläufer) ausgeführt

Diese Bauweise bietet einige Vorteile, die dazu geführt haben, dass diese Motoren sehr häufig in der Antriebstechnik eingesetzt werden:

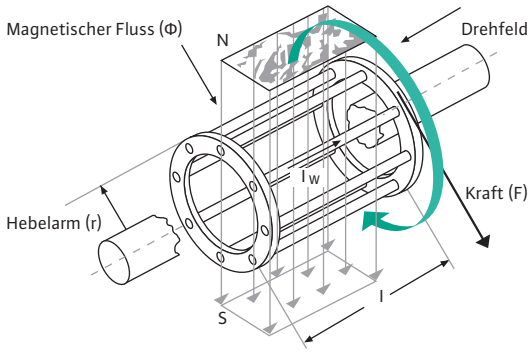
- einfach und kostengünstig
- lange Lebensdauer
- wartungsarm
- kein Bürstenverschleiß
- kurzzeitig stark überbelastbar
- einsetzbar im Ex-Bereich
- Anlauf gegen hohe Gegenmomente ohne Hilfsmittel

Allgemeiner Aufbau und Funktion

Aufbau Stator
Der Stator besteht aus einem geschichteten Blechpaket mit Nuten. In diese Nuten wird die Wicklung eingezogen. Bei Drehstrommotoren besteht diese Wicklung aus drei Strängen die um jeweils 120° versetzt im Statorblechpaket angeordnet sind.

Aufbau Rotor
Die Läuferwicklung (Käfig) ist für die meisten Motoren in Aludruckguss ausgeführt. Motoren mit größerer Leistung (> 150 kW) werden mit Kupferstäben im Läufer gefertigt. Das Paket, in dem sich der Käfig befindet, wird ebenfalls aus geschichtetem Blech hergestellt.

Käfigläufer mit Erregerfeld des Ständers



Käfig mit geschränkten Stäben

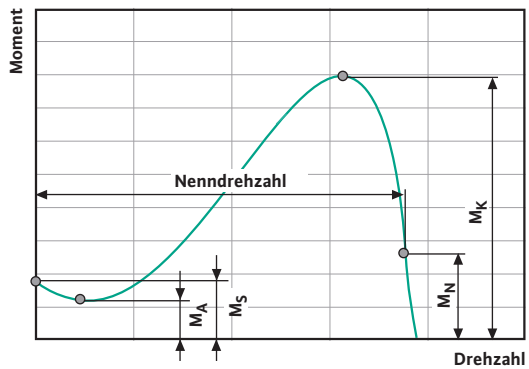
Funktion

Wird die Drehstrom-Wicklung an Spannung gelegt, so kreist das Drehfeld in der Ständerwicklung mit synchroner Drehzahl. Es durchflutet auch den Käfig des Läufers und induziert nacheinander in den einzelnen Stäben des Käfigs bei Stillstand eine Wechselspannung mit Netzfrequenz.

Aufgrund der induzierten Läuferspannung fließt ein Läuferstrom, der das Läufermagnetfeld erzeugt. Das hierdurch entstehende Drehmoment beschleunigt den Läufer in Richtung des drehenden Ständermagnetfeldes.

Dreht der Läufer so schnell wie das Drehfeld, d. h. mit synchroner Drehzahl, so ist das Drehmoment gleich null. Wird am Läufer ein Widerstandsmoment angelegt, bleibt der Läufer hinter dem Drehfeld zurück. Dann werden die Stäbe des Käfigs vom Drehfeld wieder geschnitten, Spannung wird induziert und ein Motordrehmoment wird wirksam. Deshalb muss bei Asynchronmotoren der Läufer zum rotierenden Drehfeld des Stators „asynchron" laufen, damit ein Drehmoment erzeugt wird. Den Drehzahl-Unterschied bezeichnet man als Schlupf.

Drehmomentverlauf eines Käfigläufermotors

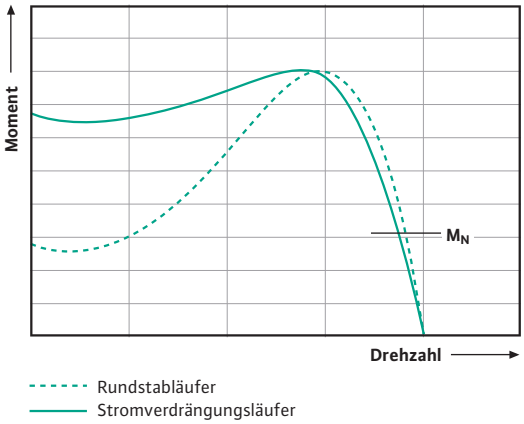


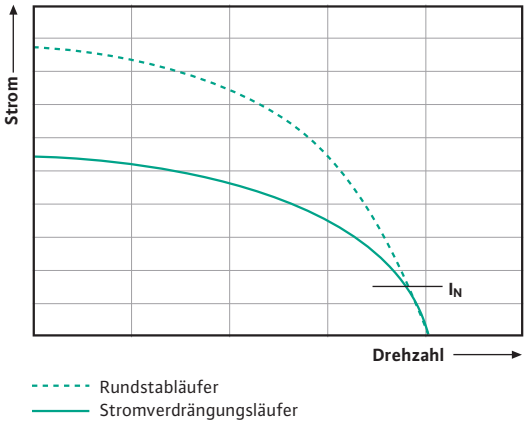
M_A Anzugmoment
M_S Sattelmoment
M_K Kippmoment
M_N Nennmoment

Drehmomentverlauf

Im Bild ist der typische Drehmomentverlauf eines Käfigläufermotors mit ausgeprägtem Sattelmoment zu sehen. Dieser Drehmomentverlauf kann durch die Stabform des Läuferkäfigs beeinflusst werden. Da im Nennmoment die Kennlinie sehr steil ist, schwankt die Drehzahl des Motors bei Laständerung nur sehr gering.

Kennwerte sind abhängig von der Läuferstabform





Drehzahl

Für die Berechnung der Drehzahl des Motors gilt folgender Zusammenhang:

$$n = \frac{f}{p}(1-s)$$

Abkürzung	Beschreibung
n	Drehzahl
f	Netzfrequenz
p	Polpaarzahl (halbe Polzahl)
s	Schlupf

Um die Drehzahl des Motors zu ändern ergeben sich nun folgende Möglichkeiten:

- Vergrößern der Schlupfes „s“ durch Absenken der Netzspannung
- Ändern der Polpaarzahl
- Ändern der Netzfrequenz „f“, üblicherweise durch den Einsatz eines Frequenzumrichters realisiert

Typische Drehzahlen für die Netzfrequenz von 50 Hz

Polzahl/Polpaarzahl	Synchrone Drehzahl [1/min]	Drehzahl bei Nennlast [1/min]
2/1	3000	ca. 2900
4/2	1500	ca. 1450
6/3	1000	ca. 950
8/4	750	ca. 725
10/5	600	ca. 575

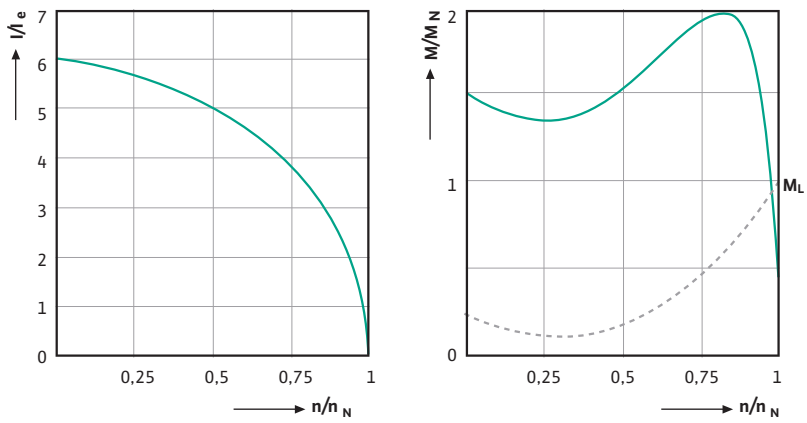
Anlaufverfahren

Ein Nachteil der Asynchronmotoren mit Kurzschlussläufer ist der relativ hohe Anlaufstrom, der das 4 – 8fache des Nennstroms betragen kann. Damit beim Einschalten der Motoren keine störenden Spannungsschwankungen auftreten, schreiben die Energieversorger Maßnahmen zur Anlaufstrombegrenzung vor.

Die Reduzierung des Anlaufstroms kann durch das Herabsetzen der Statorspannung erreicht werden. Eine Ausnahme stellt hier der Umrichterbetrieb dar.

Im Nachfolgenden sollen die üblichen Anlaufverfahren beschrieben werden.

Strom/Drehzahl Kennlinie – Drehmoment/Drehzahl Kennlinie

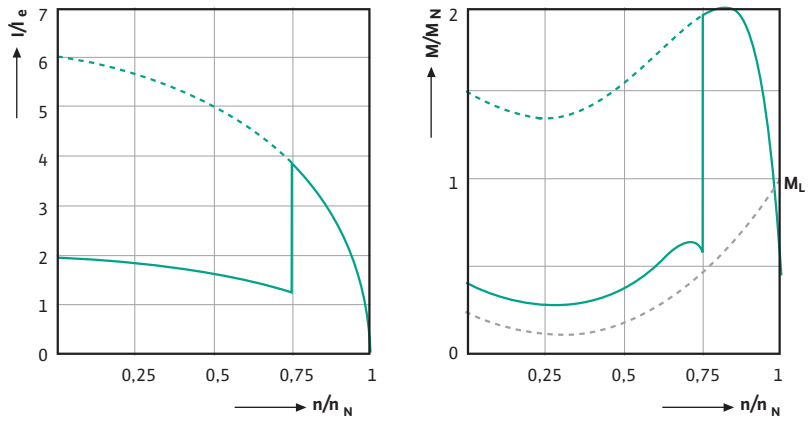


Direktstart

Der Direktstart ist die einfachste Möglichkeit einen Drehstrommotor einzuschalten. Hier wird der Motor direkt mit dem versorgenden Netz verbunden.

Vorteile	Nachteile
• Motor mit 3 Anschlüssen notwendig • einfaches Schaltgerät • günstiger Preis • hohes Anlaufmoment	• hoher Anlaufstrom • hohe Belastung der mechanischen Komponenten • nur für kleine und mittlere Leistungen geeignet

Strom/Drehzahl Kennlinie – Drehmoment/Drehzahl Kennlinie



Stern-Dreieck-Start

Das Starten von Drehstrommotoren in der Stern-Dreieck-Schaltung ist die wohl bekannteste und eine weit verbreitete Variante. Sie wird für Drehstrommotoren von kleiner bis großer Leistung eingesetzt.

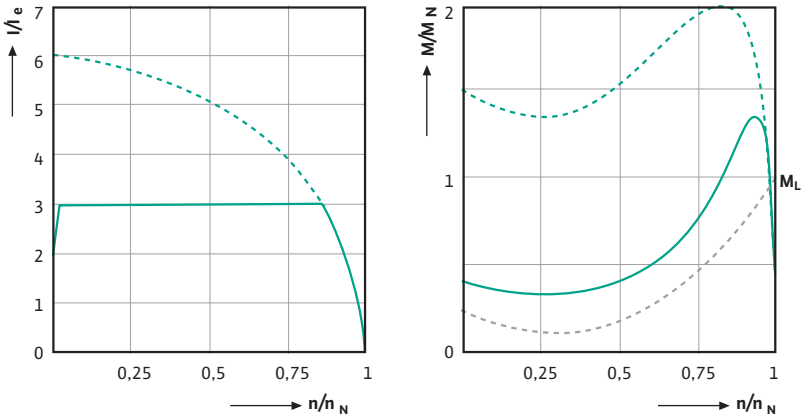
Vorteile	Nachteile
• einfache Schaltgeräte • günstiger Preis • geringerer Anlaufstrom im Vergleich zum Direktstart	• sechs Motoranschlüsse notwendig • reduziertes Anlaufmoment • Stromspitze beim Umschalten von Stern auf Dreieck • mechanische Belastung beim Umschalten von Stern auf Dreieck

Softstarter (elektronischer Motorstart)

Wie die Kennlinien bei Direkt und Stern-Dreieck-Einschaltung zeigen, treten bei diesen Methoden hohe Strom- und Drehmomentsprünge auf. Diese können sich vor allem bei höheren Leistungen negativ auf Netz und Motor auswirken.

Der Softstarter erhöht, angepasst an die Belastungsmaschine, die Spannung des Motors stufenlos. Der Motor kann dadurch ohne mechanische Schläge und Stromspitzen beschleunigt werden. Softstarter sind eine elektronische Alternative zur herkömmlichen Stern-Dreieck-Schaltung.

Strom/Drehzahl Kennlinie – Drehmoment/Drehzahl Kennlinie

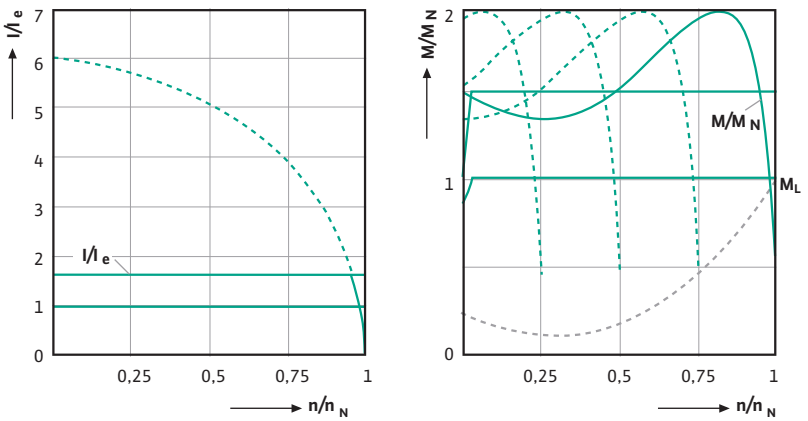


Vorteile	Nachteile
• keine Stromspitzen • wartungsfrei • reduziertes einstellbares Anlaufmoment • einstellbare Strombegrenzung • Motor mit 3 Anschlüssen notwendig • Sanftes An- und Auslaufen	• evtl. Mehrkosten bei kleinen Leistungen • zusätzliche Verlustleistung falls der Softstarter nach Anlauf nicht gebrückt wird

Frequenzumrichter

Hauptsächlich wird der Frequenzumrichter dort eingesetzt, wo ein drehzahlveränderbarer Antrieb für die Applikation notwendig ist. Durch die Möglichkeit, die Ausgangsfrequenz zu steuern, kann der Motor angepasst an die Hydraulik schonend gestartet und gestoppt werden. Mit ihm ist es weiterhin möglich, während der Startphase verschiedene Ströme oder Drehmomente nicht zu überschreiten (zwei Beispiele im Diagramm).

Strom/Drehzahl Kennlinie – Drehmoment/Drehzahl Kennlinie



Vorteile	Nachteile
• beliebige Drehzahlverstellung und Regelung während des Betriebs • einstellbare Strombegrenzung • 4-Quadrantenbetrieb • kein Verschleiß • umfangreiche Motorschutzfunktionen	• hohe Kosten • zusätzliche Verlustleistung • evtl. Mehrkosten durch EMV-Maßnahmen

Betriebsarten

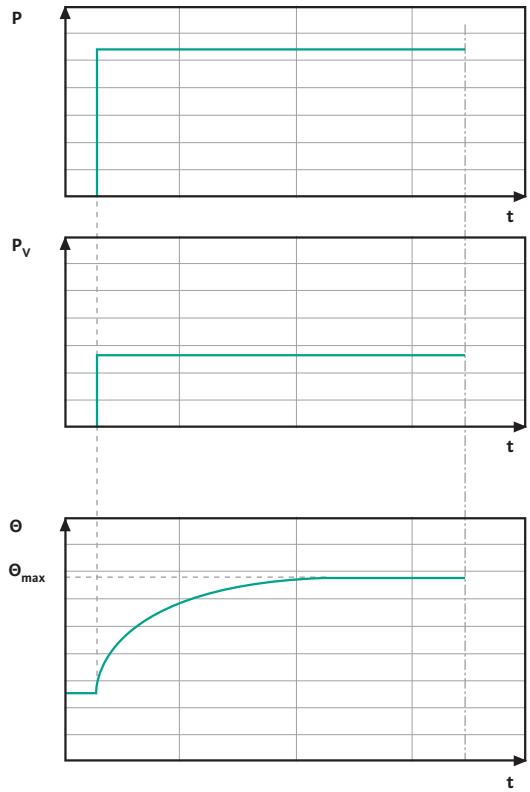
Die Betriebsart legt die zulässige Einschaltdauer von Motoren fest. Grundsätzlich ist darauf zu achten, dass die eingebaute Temperaturüberwachung der Motoren ordnungsgemäß angeschlossen ist. Diese sorgt für die Einhaltung der Temperaturklassen der Wicklungen bei möglicher Überschreitung der Betriebszeit oder falscher Betriebsart.

S1 Dauerbetrieb

Definition:
Betrieb mit einer konstanten Belastung, die so lange ansteht, dass die Maschine den thermischen Beharrungszustand erreichen kann.

Die Maschine ist so ausgelegt, dass die Kühlung bei Nennbedingungen ausreichend ist. Die Betriebsart gibt aber keine Auskunft darüber, ob die Maschine nass oder trocken zu betreiben ist. Wenn auf dem Typenschild einer Maschine keine Betriebsart angegeben ist, so gilt S1 Dauerbetrieb.

S1 Dauerbetrieb



P	Belastung
P_V	elektrische Verluste
Θ	Temperatur
$Θ_{max}$	höchste Temperatur
t	Zeit

S2 Kurzzeitbetrieb

Definition:

Betrieb mit konstanter Belastung, dessen Dauer nicht ausreicht, den thermischen Beharrungszustand zu erreichen, und einer nachfolgenden Zeit im Stillstand, in der die wieder abgesunkenen Maschinentemperaturen nur noch weniger als 2 K von der Temperatur des Kühlmittels abweichen.

Die Verlustleistung der Maschine ist größer als jene, die über das Kühlmittel abgeführt werden kann. Bei S2 wird die zulässige Betriebszeit immer mit angegeben (z. B. S2 15 min). Nach dieser Betriebszeit muss die Maschine wieder auf Umgebungstemperatur abkühlen. Diese Betriebsart wird überwiegend nur bei trocken aufgestellten Maschinen angewendet.

S3 Aussetzbetrieb ohne Einfluss des Anlaufstroms

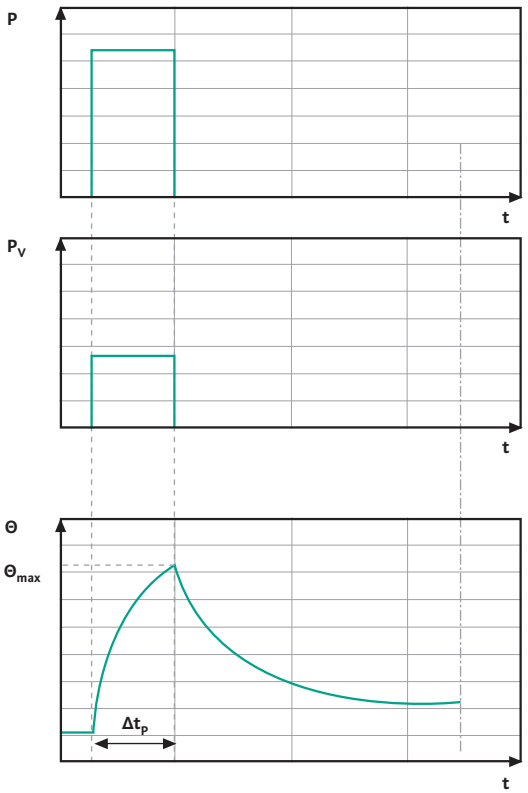
Definition:

Ein Betrieb, der sich aus einer Folge identischer Spiele zusammensetzt, von denen jedes eine Betriebszeit mit konstanter Belastung und eine Stillstandszeit umfasst, wobei der Anlaufstrom die Übertemperatur nicht merklich beeinflusst.

Die Verlustleistung der Maschine ist größer als jene, die über das Kühlmittel abgeführt werden kann. Bei der Betriebsart S3 wird die Spieldauer in Prozent und zusätzlich die Spielzeit angegeben.

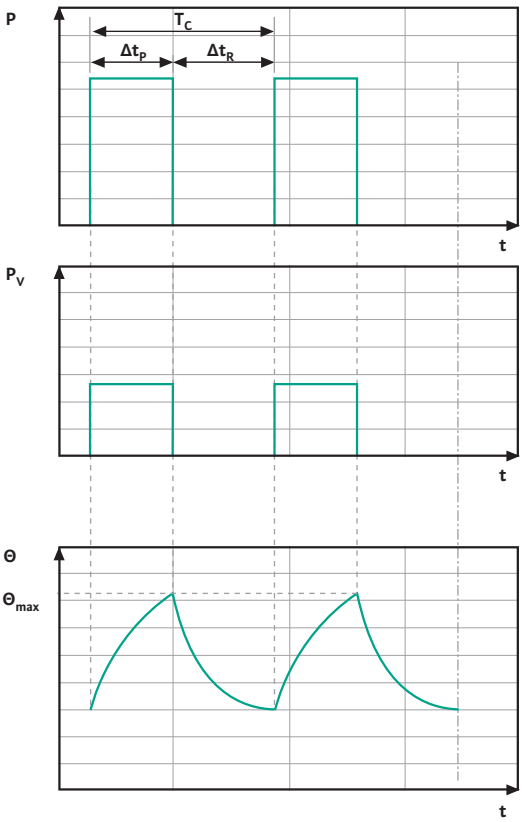
Beispiel für S3 25 % 10 min: Die Einschaltdauer beträgt 2,5 min und die Pause 7,5 min. Falls keine Spieldauer angegeben wird, gilt die Spieldauer von 10 min.

S2 Kurzzeitbetrieb



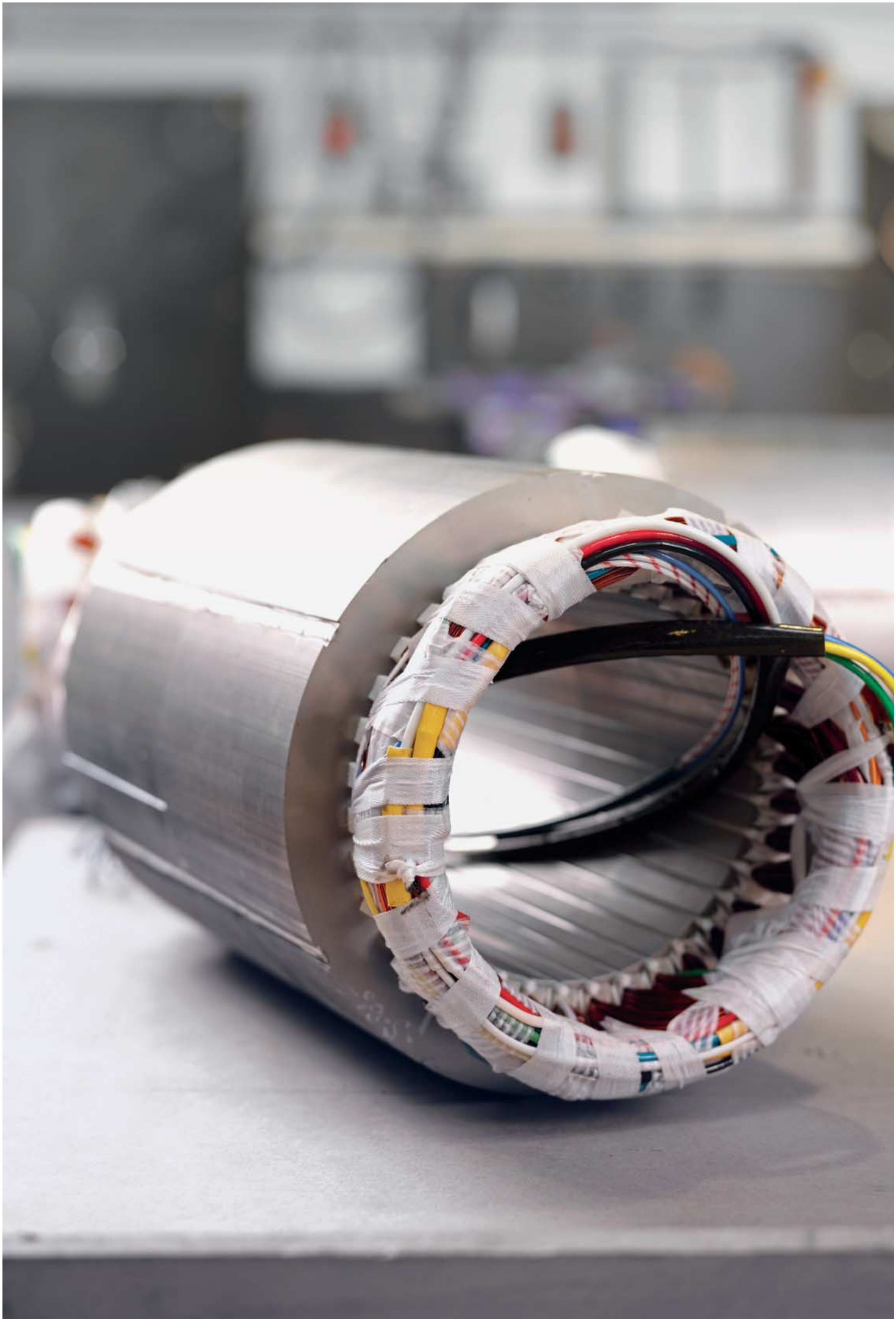
P	Belastung
P_V	elektrische Verluste
Θ	Temperatur
$Θ_{max}$	höchste Temperatur
t	Zeit
$Δt_P$	Betriebszeit mit konstanter Belastung

S3 Aussetzbetrieb ohne Einfluss des Anlaufstromes



P	Belastung
P_V	elektrische Verluste
Θ	Temperatur
$Θ_{max}$	höchste Temperatur
t	Zeit
T_C	Spieldauer
$Δt_P$	Betriebszeit mit konstanter Belastung
$Δt_R$	Stillstandszeit mit stromlosenWicklungen
	relative Einschaltdauer = **$Δt_P / T_C$**

Weitere Betriebsarten sind S4 bis S10.



Produktspezifische Auslegung

Motorschutz

Um einen Motor sicher betreiben zu können, muss er vor unzulässig hoher Erwärmung geschützt werden. Unzulässige Erwärmungen können auftreten durch Fehler, die den Motorstrom erhöhen und dadurch den Motor stärker erwärmen:
- Überlast
- Phasenausfall
- Unterspannung
- Blockierung

Diese Fehler können durch ein Motorschutzrelais oder einen Motorschutzschalter erkannt, worauf der Motor abgeschaltet werden kann. Motorschutzrelais und Motorschutzschalter dürfen maximal auf den Nennstrom des Motors eingestellt werden.

Motorschutzrelais

Funktionsweise:
Der thermische Schutz wird durch Bimetalle bewirkt, die durch Heizwicklungen, über die der Motorstrom fließt, erhitzt werden. Dabei ist für jede stromführende Leitung zum Motor ein eigenes Bimetall mit zugehöriger Heizwicklung vorgesehen. Überschreitet die Stromaufnahme auch nur einer Wicklung des Motors den vorgegebenen Wert über mehrere Sekunden, löst das durch die Wärme verformte Bimetall das Schaltschloss aus und schaltet das Motorschütz ab. Ebenso wird bei Ausfall einer Phase (ungleichmäßige Erwärmung der Bimetallstreifen) nach kurzer Zeit ausgeschaltet. Bei thermischer Auslösung lässt sich der Schalter erst nach Abkühlung der Bimetalle wieder einschalten. Motorschutzrelais schalten den Motor nicht direkt ab, sondern haben nur einen Kontakt für relativ kleine Schaltleistungen. Über diesen Kontakt wird ein Schütz angesteuert, der den Motor selbst im Fehlerfall abschaltet. Im Gegensatz zum Motorschutzschalter hat ein Motorschutzrelais keinen Kurzschlussauslöser. Daher sollten in die Zuleitung für einen oder mehrere Motoren, die mit Motorschutzrelais geschützt sind, Sicherungen eingebaut werden. Weiterhin kann bei Motorschutzrelais' die Wiedereinschaltung manuell oder automatisch eingestellt werden. Die Wiedereinschaltung sollte manuell erfolgen, um bei einem vorliegenden Fehler ein ständiges Ein- und Ausschalten zu vermeiden.

Motorschutzschalter

Mit Motorschutzschaltern können Motoren betriebsmäßig ein- und ausgeschaltet werden. Die thermische Auslösung arbeitet nach dem Prinzip des Motorschutzrelais. Der Betreiber ist aber in der Lage, den Motor während des Betriebs oder im Fehlerfall selbst abzuschalten. Weiterhin verfügen die meisten Motorschutzschalter zusätzlich über einen magnetischen Schnellauslöser, der die nachgeschaltete Leitung und den Motor vor Kurzschluss schützt. In kleineren Strombereichen sind diese Schalter kurzschlussfest, d. h., dass teilweise auf eine Vorsicherung verzichtet werden kann.

Weitere Fehler, die zu einer erhöhten Erwärmung führen sind:
- Trockenlauf bei Motoren, die nur eingetaucht arbeiten dürfen
- unzulässig hohe Fördermediumstemperatur/ Umgebungstemperatur
- unzulässige Laufzeiten im Kurzzeitbetrieb

Diese Fehler haben keinen Einfluss auf die Stromaufnahme des Motors und können somit durch den vorgeschalteten Überlastschutz nicht erkannt werden! Für solche Fehler werden Temperaturfühler verwendet, die direkt in das zu schützende Bauteil (Motorwicklung) eingebettet werden.

Absicherung von Motoren

Richtwerte für Motornennströme und kleinstmögliche „träge" bzw. „gL"-Kurzschlusssicherungen

Die Motornennströme gelten für normale innen- und oberflächengekühlte Drehstrommotoren.

Direkter Anlauf:
Die Sicherungen gelten für die angegebenen Motornennströme und bei direktem Einschalten: Anlaufstrom maximal 6 x Motornennstrom, Anlaufzeit maximal 5 s.

YΔ-Anlauf:
Anlaufstrom maximal 2x Motornennstrom, Anlaufzeit maximal 5 s. Motorschutzrelais im Strang auf 0,58 x Motornennstrom einstellen.

Motoren mit höherem Nennstrom, höherem Anlaufstrom und/oder längerer Anlaufzeit benötigen größere Kurzschlusssicherungen. Der maximal zulässige Wert richtet sich nach dem Schaltgerät bzw. Motorschutzrelais.

Siehe Tabelle „Richtwerte für Drehstrommotoren" auf der nächsten Seite.

Richtwerte für Drehstrommotoren

Motorleistung			220 – 230 V Motornennstrom	Sicherung bei Motoranlauf direkt	Sicherung bei Motoranlauf YΔ	240 V Motornennstrom	Sicherung bei Motoranlauf direkt	Sicherung bei Motoranlauf YΔ	380 – 400 V Motornennstrom	Sicherung bei Motoranlauf direkt	Sicherung bei Motoranlauf YΔ	415 V Motornennstrom	Sicherung bei Motoranlauf direkt	Sicherung bei Motoranlauf YΔ	500 V Motornennstrom	Sicherung bei Motoranlauf direkt	Sicherung bei Motoranlauf YΔ	660 – 690 V Motornennstrom	Sicherung bei Motoranlauf direkt	Sicherung bei Motoranlauf YΔ
kW	cosφ	%	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0,06	0,7	59	0,38	1	1	0,35	1	1	0,22	1	1	–	–	–	0,16	1	1	–	–	–
0,09	0,7	60	0,55	2	2	0,5	2	2	0,33	1	1	–	–	–	0,24	1	1	–	–	–
0,12	0,7	61	0,76	2	2	0,68	2	2	0,42	2	2	–	–	–	0,33	1	1	–	–	–
0,18	0,7	61	1,1	2	2	1	2	2	0,64	2	2	–	–	–	0,46	1	1	–	–	–
0,25	0,7	62	1,4	4	2	1,38	4	2	0,88	2	2	–	–	–	0,59	2	2	–	–	–
0,37	0,72	6	2,1	4	4	1,93	4	4	1,22	4	2	–	–	–	0,85	2	2	0,7	2	2
0,55	0,75	69	2,7	4	4	2,3	4	4	1,5	4	2	–	–	–	1,2	4	2	0,9	2	2
0,75	0,8	74	3,3	6	4	3,1	6	4	2	4	4	2	4	4	1,48	4	2	1,1	2	2
1,1	0,83	77	4,9	10	6	4,1	6	6	2,6	4	4	2,5	4	4	2,1	4	4	1,5	4	2
1,5	0,83	78	6,2	10	10	5,6	10	10	3,5	6	4	3,5	6	4	2,6	4	4	2	4	4
2,2	0,83	81	8,7	16	10	7,9	16	10	5	10	6	5	10	6	3,8	6	6	2,9	6	4
2,5	0,83	81	9,8	16	16	8,9	16	10	5,7	10	10	–	–	–	4,3	6	6	–	–	–
3	0,84	81	11,6	20	16	10,6	20	16	6,6	16	10	6,5	16	10	5,1	10	10	3,5	6	4
3,7	0,84	82	14,2	25	20	13	25	16	8,2	16	10	7,5	16	10	6,2	16	10	–	–	–
4	0,84	82	15,3	25	20	14	25	20	8,5	16	10	–	–	–	6,5	16	10	4,9	10	6
5,5	0,85	83	20,6	35	25	18,9	35	25	11,5	20	16	11	20	16	8,9	16	10	6,7	16	10
7,5	0,86	85	27,4	35	35	24,8	35	35	15,5	25	20	14	25	16	11,9	20	16	9	16	10
8	0,86	85	28,8	50	35	26,4	35	35	16,7	25	20	–	–	–	12,7	20	16	–	–	–
11	0,86	87	39,2	63	50	35,3	50	50	22	35	25	21	35	25	16,7	25	20	13	25	16
12,5	0,86	87	43,8	63	50	40,2	63	50	25	35	35	–	–	–	19	35	25	–	–	–
15	0,86	87	52,6	80	63	48,2	80	63	30	50	35	28	35	35	22,5	35	25	17,5	25	20
18,5	0,86	88	64,9	100	80	58,7	80	63	37	63	50	35	50	50	28,5	50	35	21	35	25
20	0,86	88	69,3	100	80	63,4	80	80	40	63	50	–	–	–	30,6	50	35	–	–	–
22	0,87	89	75,2	100	80	68	100	80	44	63	50	40	63	50	33	50	50	25	35	35
25	0,87	89	84,4	125	100	77,2	100	100	50	80	63	–	–	–	38	63	50	–	–	–
30	0,87	90	101	125	125	92,7	125	100	60	80	63	55	80	63	44	63	50	33	50	35
37	0,87	90	124	160	160	114	160	125	72	100	80	66	100	80	54	80	63	42	63	50
40	0,87	90	134	160	160	123	160	160	79	100	100	–	–	–	60	80	63	–	–	–
45	0,88	91	150	200	160	136	200	160	85	125	100	80	100	100	64,5	100	80	49	63	63
51	0,88	91	168	200	200	154	200	200	97	125	100	–	–	–	73,7	100	80	–	–	–
55	0,88	91	181	250	200	166	200	200	105	160	125	–	–	–	79	125	100	60	80	63
59	0,88	91	194	250	250	178	250	200	112	160	125	105	160	125	85,3	125	100	–	–	–
75	0,88	91	245	315	250	226	315	250	140	200	160	135	200	160	106	160	125	82	125	100
90	0,88	92	292	400	315	268	315	315	170	250	200	165	200	200	128	160	160	98	125	125
110	0,88	92	358	500	400	327	400	400	205	250	250	200	250	250	156	200	200	118	160	125
129	0,88	92	420	500	500	384	500	400	242	315	250	230	315	250	184	250	200	–	–	–
132	0,88	92	425	500	500	393	500	500	245	315	250	–	–	–	186	250	200	140	200	160
147	0,88	93	472	630	630	432	630	500	273	315	315	260	315	315	207	250	250	–	–	–
160	0,88	93	502	630	630	471	630	630	295	400	315	–	–	–	220	315	250	170	200	200
184	0,88	93	590	800	630	541	630	630	340	400	400	325	400	400	259	315	315	–	–	–
200	0,88	93	626	800	800	589	800	630	370	500	400	–	–	–	278	315	315	215	250	250
220	0,88	93	700	1000	800	647	800	800	408	500	500	385	500	400	310	400	400	–	–	
250	0,88	93	803	1000	1000	736	1000	800	460	630	500	–	–	–	353	500	400	268	315	315
257	0,88	93	826	1000	1000	756	1000	800	475	630	630	450	630	500	363	500	400	–	–	–
295	0,88	93	948	1250	1000	868	1000	1000	546	800	630	500	630	630	416	500	500	–	–	–
315	0,88	93	990	1250	1250	927	1250	1000	580	800	630	–	–	–	445	630	500	337	400	400
355	0,89	95	–	–	–	–	–	–	636	800	800	–	–	–	483	630	630	366	500	400
400	0,89	96	–	–	–	–	–	–	710	1000	800	–	–	–	538	630	630	410	500	500
500	0,89	96	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	515	630	630
600	0,90	97	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	600	800	630

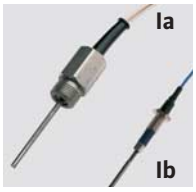
Überwachungseinrichtungen

Die integrierten Überwachungseinrichtungen dienen zum Schutz des Motors vor:

- Übertemperatur in Wicklung/Lager/Öl
- Überdruck im Motor
- Eindringen von Wasser in
  - Dichtungskammer
  - Leckagekammer
  - Motorraum
  - Klemmenraum

Die mögliche Sensorausstattung ist von den verschiedenen Motortypen abhängig. Im Weiteren werden die einzelnen Sensoren mit den dazugehörigen Relais' beschrieben.

Übersicht der Überwachungseinrichtungen



DI-Elektrode
Feuchtigkeitskontrolle in Klemmenraum (b), Motorraum (b) und Dichtungsraum (a+b)

Bi-Metall
Wicklungstemperaturüberwachung im Motorraum

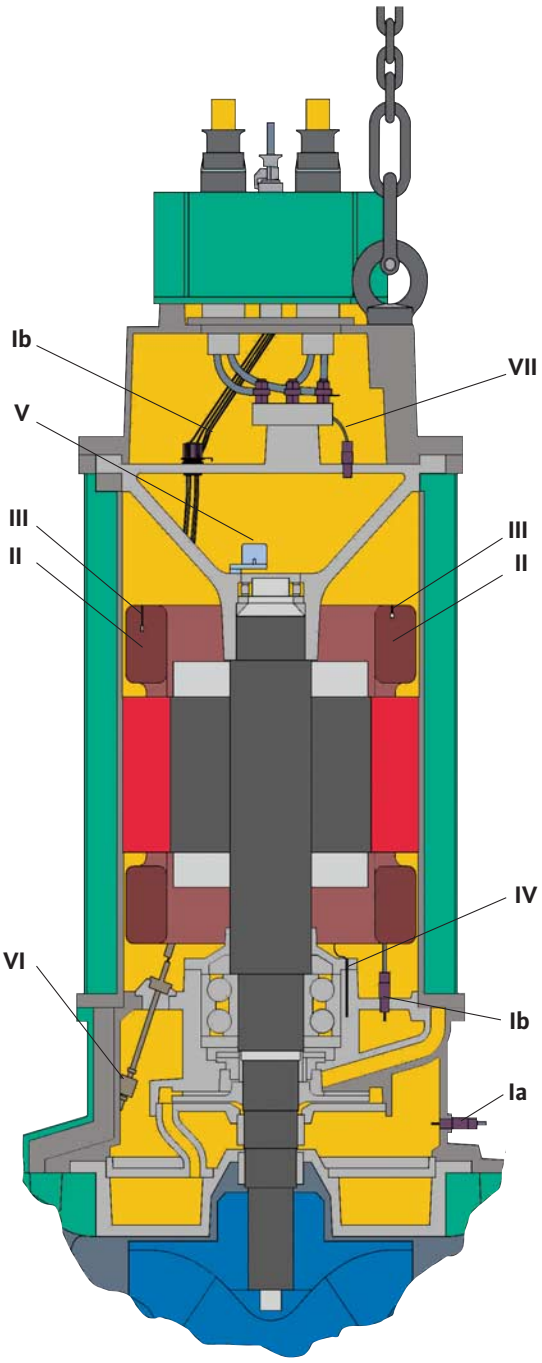
Kaltleitertemperaturfühler
Wicklungstemperaturüberwachung im Motorraum

Pt 100
Wicklungstemperatur- und Lagertemperaturüberwachung

Thermoschwimmerschalter
Ölstands- und Öltemperatur-überwachung im Motorraum (FO/FK-Motore)

Schwimmerschalter
Leckageüberwachung im Kontrollraum

Druckschalter
Drucküberwachung im Motorraum



Bimetall-Temperaturfühler

Bimetall-Temperaturfühler

Beschreibung:

Bimetalltemperaturfühler sind mechanische Schalter, die durch Wärmeeinwirkung einen Schaltvorgang auslösen. Verwendet werden so genannte „Öffner", d. h. bei Erreichen der Ansprechtemperatur wird der Stromkreis unterbrochen. Nach entsprechender Abkühlung (Hysterese) schließt der Fühler automatisch wieder. In den Wicklungen sind 2 bzw. 3 Temperaturfühler in Serie eingebaut. Eine weitere Anwendungsmöglichkeit ist die Überwachung der Öltemperatur in Ölmotoren. Bei Ex-Motoren für eingetauchten Betrieb und bei Sonderausführungen sind je 2 Temperaturkreise mit verschiedenen Ansprechtemperaturen vorhanden.

Anwendung bei:

- langsam steigenden Temperaturen, z. B. Behinderung der Kühlung durch Ablagerungen
- Überlast
- Austauchen von Motoren, die nur eingetaucht arbeiten dürfen
- unzulässig hohe Umgebungstemperaturen
- zu langer Laufzeit bei S2-Betrieb

Vorteile:

- potenzialfreier Kontakt
- hohes Schaltvermögen
- kein spezielles Auswertrelais nötig
- kostengünstig

Nachteile:

- nur bedingt einsetzbar bei Blockierung
- große Abmessungen
- die Schalttemperatur wird durch den Fühler bestimmt

Technische Daten:

Schaltleistung: 250 V AC/2,5 A bei cos φ = 1
Die Fühler sind als Öffner ausgeführt.
Anschlussbezeichnung der Steuerleitung:
20 – 21 Abschaltung
20 – 22 Vorwarnung

Durch die hohe Schaltleistung ist es möglich Bimetalltemperaturfühler direkt in den Steuerkreis der Schützschaltung einzubinden. Bei Ex-geschützten Motoren muss für den hohen Temperaturkreis eine Wiedereinschaltsperre realisiert werden!

Kaltleiterfühler/ Thermistor/PTC

Kaltleiterfühler/Thermistor/PTC

Beschreibung:

Kaltleiterfühler sind temperaturabhängige Widerstände. Diese Fühler haben keine mechanischen Bauteile. Bei Erreichen der Nennansprechtemperatur (NAT) erhöhen die Sensoren ihren elektrischen Widerstand sehr schnell. Diese Änderung wird durch ein elektronisches Schaltgerät ausgewertet. In den Wicklungen sind 3 Temperaturfühler in Serie eingebaut. Bei größeren Maschinen und bei Sonderausführungen sind je 2 Temperaturkreise mit verschiedenen Ansprechtemperaturen vorhanden (z. B. 130 – 140 °C). Es ist für jeden Temperaturkreis ein Schaltgerät erforderlich (z. B. WILO-CM-MSS).

Anwendung bei:

- allen Arten von Temperaturschutz
- Blockierung von Abwassermotoren
- Motoren für Drehzahlregelung (Vorschrift bei Ex-Motoren am Umrichter)

Vorteile:

- sehr klein
- schnelle Reaktionszeit (auch Motor-Vollschutz genannt)
- lange Lebensdauer
- genormte Ausführung nach DIN 44081/44082

Nachteile:

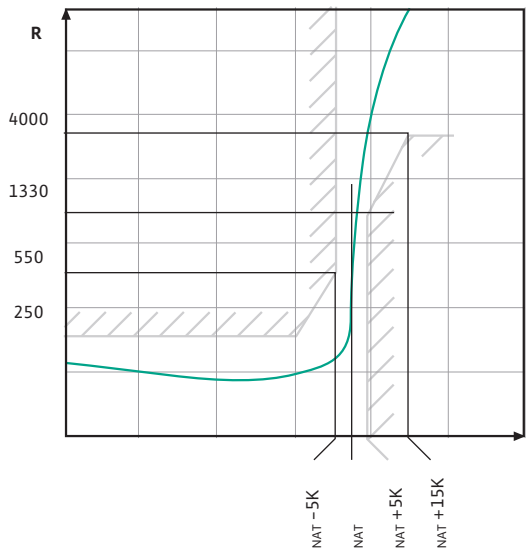
- darf nur mit geringer Spannung betrieben werden
- spezielles Kaltleiterrelais ist immer erforderlich
- die Schalttemperatur wird durch den Fühler bestimmt

Technische Daten:

Max. Steuerspannung:	< 7,5 V
Kaltwiderstand	
Einzel/Drilling:	80 – 250/250 – 750 Ω
Widerstand bei NAT:	> 1300 Ω

Anschlussbezeichnung der Steuerleitung:
10 – 11 Abschaltung
10 – 12 Vorwarnung

Für die Auswertung von Kaltleiterfühlern ist immer ein entsprechendes Relais zu verwenden. Für Ex-geschützte Motoren, die am Frequenzumrichter betrieben werden, müssen Kaltleiter verwendet werden.



Temperatursensor PT 100

Beschreibung:

PT 100-Sensoren sind temperaturabhängige Widerstände mit annähernd linearem Kennlinienverlauf. Bei 0 °C ist der Widerstand 100 Ω. Die Änderung des Widerstandes beträgt zwischen 0 bis 100 °C 0,385 Ω/K.

Diese Änderung wird durch ein elektronisches Schaltgerät (z. B. WILO DGW 2.01 G) ausgewertet. Die Schalttemperatur wird hier nicht durch den Fühler, sondern durch eine Einstellung am Schaltgerät bestimmt. Neben der Einstellung der Schaltpunkte kann auch eine Temperaturmessung durchgeführt werden.

Anwendung bei:

- langsam steigender Temperatur
- z. B. Behinderung der Kühlung durch Ablagerungen
- Überlast
- Austauchen von Motoren, die nur eingetaucht arbeiten dürfen
- unzulässiger Umgebungstemperatur
- längerer Laufzeit bei S2-Betrieb
- Blockierung nur bedingt

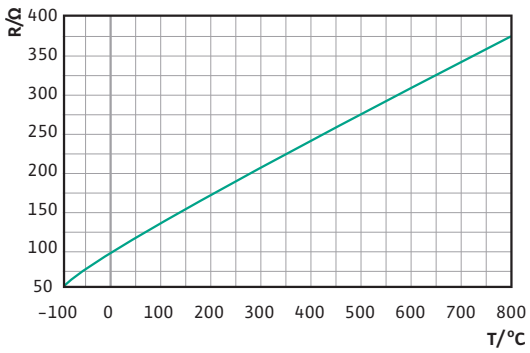
Vorteile:

- Überwachung kann genau an die Betriebstemperatur angepasst werden
- mehrere Schaltpunkte pro Sensor möglich
- zusätzliche Anzeige der Temperatur

Nachteile:

- spezielles PT 100 Relais ist immer erforderlich
- Sensor und Auswertung sehr teuer
- bei Ex-Motoren zusätzlich Bimetalle oder Kaltleiter erforderlich

P1-100 Kennlinie

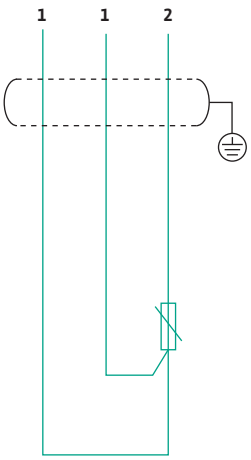


Technische Daten:

Widerstand bei 0°C:	100 Ω
Widerstandsänderung:	~ 0,385 Ω/K
Messstrom:	< 3 mA
Anschlussbezeichnung der Steuerleitung:	1 – 2

Um bei großen Leitungslängen den Fehler durch den Leitungswiderstand kompensieren zu können, erfolgt der Anschluss meist als Dreileiterschaltung. Fast alle PT 100 Auswertrelais unterstützen diesen Anschluss.

Temperatursensor PT 100



PT 100 Dreileiterschaltung

Leckageschwimmer

Beschreibung:

Leckageschwimmer sind mechanische Schalter, die bei Flüssigkeitseinbruch einen Schaltvorgang auslösen. Sollte also über die zweite Gleitringdichtung Medium in die Leckagekammer eindringen, kann der Motor abgeschaltet werden oder eine Warnmeldung ausgegeben werden. Verwendet werden sogenannte „Öffner", d. h., wenn Flüssigkeit in den Leckageraum eindringt, wird der Stromkreis unterbrochen.

Technische Daten:

Widerstand geschlossen (normal)	~ 0 Ω
Widerstand offen (ausgelöst)	unendlich
Anschlussbezeichnung der Steuerleitung:	K20 – K21

Für die Auswertung ist kein spezielles Relais erforderlich. Die Schaltleistung der Schwimmerkontakte unterscheidet sich bei den unterschiedlichen Motortypen und muss deshalb aus dem Anschlussplan des jeweiligen Motors entnommen werden.

Schwimmerschalter

Druckschalter

Druckschalter

Beschreibung:

Druckschalter sind mechanische Schalter, die durch Überdruck im Motor einen Schaltvorgang auslösen. Sie werden in Motoren eingesetzt, die einen ölgefüllten Motorraum besitzen. Verwendet werden so genannte „Öffner", d. h. wenn sich im Motor ein Überdruck aufbaut, wird der Stromkreis unterbrochen.

Technische Daten:

Schaltleistung:	250 V AC/2,5 A bei cos φ = 1
Widerstand geschlossen (normal)	~ 0 Ω
Widerstand offen (ausgelöst)	unendlich
Anschlussbezeichnung der Steuerleitung:	D20 – D21

Für die Auswertung ist kein spezielles Relais erforderlich.

Thermoschwimmerschalter

Thermoschwimmerschalter

Beschreibung:

Thermoschwimmer sind mechanische Schalter, die durch niedrigen Ölstand oder durch zu hohe Temperatur im Motor einen Schaltvorgang auslösen. Sie werden in Motoren eingesetzt, die einen ölgefüllten Motorraum besitzen. Verwendet werden so genannte „Öffner", d. h. wenn Öl fehlt oder die Temperatur des Öls zu hoch ist, wird der Stromkreis unterbrochen.

Technische Daten:

Schaltleistung:	250 V AC/2,5 A bei cos φ = 1
Widerstand geschlossen (normal)	~ 0 Ω
Widerstand offen (ausgelöst)	unendlich
Anschlussbezeichnung der Steuerleitung:	20 – 21

Für die Auswertung ist kein spezielles Relais erforderlich.

DI-Elektrode

Konduktive Elektroden

Beschreibung:

Konduktive Elektroden (auf Widerstandsmessung basierend) werden zur Auswertung von leitfähigen Flüssigkeiten eingesetzt. Der Sensor besteht im Wesentlichen aus einem rostfreien Elektrodenstab. Über diesen wird die Leitfähigkeit des Mediums gegenüber einer Bezugsmasse (Motorgehäuse) gemessen. Diese Änderung wird durch ein elektronisches Schaltgerät (z. B. Wilo-NIV 101) ausgewertet. Der Schaltwiderstand wird hier nicht durch den Fühler, sondern durch eine Einstellung am Schaltgerät bestimmt.

Verwendung finden Elektroden bei:

- Dichtraumüberwachung intern
- Dichtraumüberwachung extern
- Motorraumüberwachung
- Klemmenraumüberwachung

Ein spezielles Elektrodenrelais ist immer erforderlich, z. B. Wilo-NIV 101/A, NIV 105/S oder ER 143 (für den Ex-Bereich). Die Empfindlichkeit des Relais ist auf > 20 kΩ einzustellen.

Überwachungsrelais

Für die Auswertung der beschriebenen Sensoren werden unterschiedliche Überwachungsrelais angeboten. Im Folgenden sind einige Typen aufgeführt.

Überwachsungsrelais	Verwendung	Funktionsbeschreibung	Weitere Funktionen
Kaltleiterrelais Wilo CM-MSS 	• Anschluss von Kaltleitertemperaturfühlern (PTC) • Anschluss von Bimetalltemperaturfühlern • Auswertung von anderen Schaltkontakten wie z. B. Leckageschwimmern	Das Relais wird zur Temperaturüberwachung mit Wiedereinschaltsperre verwendet. Es können bis zu sechs PTC Fühler in Serie angeschlossen werden. Steigt die Temperatur des Kaltleiters über seine Abschalttemperatur, so löst das Relais aus und speichert diesen Fehler.	• abschaltbare Kurzschlussüberwachung zum Anschluss von Bimetallen (T1 und T2x) • abschaltbare Speicherung (Brücke zwischen S1 und T1) • Zulassung für den Betrieb mit Ex-Motoren • Resettaste
PT 100 Temperaturregler Wilo DGW 2.01 	• Wicklungstemperaturüberwachung • Lagertemperaturüberwachung	Das Relais misst den Widerstand eines PT100 Temperatursensors und zeigt die gemessene Temperatur direkt im Display an. Es können zwei Grenzwerte für Vorwarnung und Abschaltung parametriert werden. Diese wirken auf zwei getrennte Ausgangsrelais.	• Display für direkte Temperaturanzeige und Parametrierung • Tasten für die Werteeingabe • einstellbares Verhalten bei Sensorfehler • Anschluss in Dreileiterschaltung zur Leitungskompensation
Dichtraum/Motorraumüberwachung Wilo NIV 101 	• Motorraumüberwachung • Dichtraumüberwachung • Klemmenraumüberwachung	Das Relais stellt an den Klemmen E0 und E1 eine Wechselspannung zur Verfügung. Beim Eintauchen einer Elektrode in eine leitende Flüssigkeit kann ein Wechselstrom fließen. Dadurch schaltet das integrierte Relais. Bei unbenetzter Elektrode ist das Relais angezogen, um eine optimale Selbstüberwachung zu gewährleisten. Eine LED signalisiert den Schaltzustand des Relais.	Zusätzlich bietet das Relais die Möglichkeit, einen Kaltleitertemperaturfühler oder Bimetallfühler auszuwerten.
Ex-Trennrelais für Niveausteuerung und Feuchteüberwachung Wilo ER143 	• Anschluss von Elektroden oder Schwimmern, die sich im explosionsgefährdeten Bereich befinden • Füllstandsregelung • Grenzpegelsignalisierung • Trockenlaufschutz • Dichtraumüberwachung	Ähnlich Wilo NIV 105/S, aber als eigensicheres Ex-i Relais ausgeführt. Beim Eintauchen der Elektroden an E1(min) und E2(max) zieht das Relais an. Sind beide Elektroden wieder ausgetaucht, fällt das Relais wieder ab. Das Relais selbst darf nicht im explosionsgefährdeten Bereich installiert werden!	• Ruhe- und Arbeitsstromprinzip umschaltbar • Empfindlichkeit einstellbar • Ein- und Ausschaltverzögerung

Kabel/Leitungen

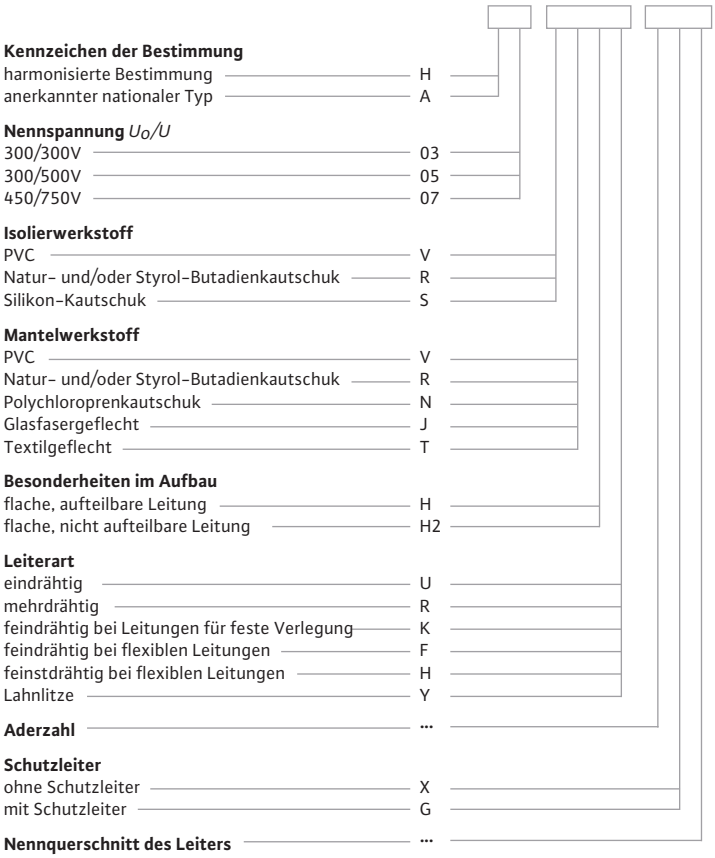
Einsatzart	Abwasser		Reinwasser
Wasserart nach DIN 4045 und 4046	NSSHÖU	OZOFLEX(PLUS) H07RN-F	Hydrofirm(T) S07BB-F
Trinkwasser	–	–	H
Grundwasser	+	o	+
Meerwasser	+	+	+
Regenwasser	+	+	+
Oberflächenwasser	+	+	+
Schmutzwasser	+	H	–
Abwasser	+	+	–
Betriebswasser	+	+	+
Kühlwasser	+	+	+
Mischwasser	+	+	o
Bergbau	H	–	–
Baustellen	+	+	–
Flammwidrig	+	+	–
Einsatztemperatur	60 °C	60 °C	60 °C

H = Hauptanwendungsbereich, + = geeignet, o = bedingt geeignet, – = nicht geeignet

Bei der Leitungsauswahl sind folgende Punkte zu beachten (Auswahl nach Umgebungseinflüssen (DIN VDE 0100-Teil 300):

- Umgebungstemperaturen
- äußere Wärmequellen
- Auftreten von Wasser
- Auftreten von Fremdkörpern
- Auftreten von korrosiven oder verschmutzten Stoffen
- mechanische Beanspruchung
- Schwingungen
- andere mechanischen Beanspruchungen
- Vorhandensein von Pflanzen und/oder Schimmelbewuchs
- Vorhandensein von Tieren
- Sonneneinstrahlung
- Auswirkung von Erdbeben
- Wind
- Gebäudestruktur

Typenkurzbezeichnungen bei Kabel und Leitungen



Beispiele für vollständige Leitungsbezeichnungen

PVC-Verdrahtungsleitung, 0,75 mm²
feindrähtig: H05V- K 0,75 schwarz

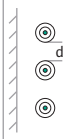
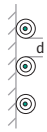
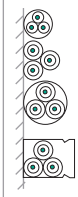
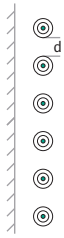
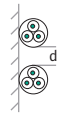
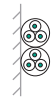
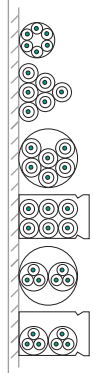
Schwere Gummischlauchleitung, 3-adrig, 25 mm² ohne grüngelben Schutzleiter:
A07RN-F3X2,5

In den folgenden Tabellen sind die Anwendungsbereiche, der von Wilo eingesetzten Kabel in einer Übersicht zusammengestellt:

Typ	NSSHÖU	Ozoflex (Plus) H07RN-F	Hydrofirm (T) S07BB-F, S07BBH2-F
Bauart	Gummi-Schlauchleitung	Gummi-Schlauchleitung	EPR-isolierte Schlauchleitung Hydrofirm(T)
Nennspannung	U 0/U 450/750 V	U 0/U 450/750 V	U 0/U 450/750 V
Maximale Einsatztemperatur	60 °C	60 °C	60 °C
Maximale Betriebstemperatur am Leiter	90 °C	90 °C	90 °C
Hinweise	Die Leitungen mit fester Verbindung zwischen Innen- und Außenmantel sind auch für den Betrieb in Schmutz- und Abwasser geeignet.	Zulässig bei fester, geschützter Verlegung in Rohren mit einer Nennspannung bis 1000 V Wechselspannung (Leiter gegen Leiter) oder Gleichspannung bis 750 V gegen Erde.	Die ständige Verwendbarkeit in Wasser ist durch Prüfungen nachgewiesen.
Einsatzort	In trockenen, feuchten und nassen Räumen sowie im Freien. In landwirtschaftlichen und feuergefährlichen Betriebsstätten. In explosionsgefährdeten Bereichen gemäß DIN VDE 0165.	In trockenen, feuchten und nassen Räumen sowie im Freien. In landwirtschaftlichen und feuergefährlichen Betriebsstätten. In explosionsgefährdeten Bereichen gemäß DIN VDE 0165.	In Grund- und Trinkwasser in Wassertiefen bis 500 m. Ebenfalls verwendbar in Betriebs-, Kühl-, Oberflächen- und Regenwasser sowie in Meerwasser. Bedingt in Mischwasser, nicht in Chlorwasser. Verwendbar in Innenräumen und im Freien, jedoch nicht in explosionsgefährdeten Bereichen.
Zulässige Beanspruchung	Bei schweren mechanischen Beanspruchungen für schwere Geräte und Werkzeuge auf Baustellen, in der Industrie, in Steinbrüchen, Tagebauen und im Bergbau unter Tage.	Bei mittleren mechanischen Beanspruchungen für den Anschluss auch gewerblich genutzter Elektrogeräte und Werkzeuge, z. B. große Kochkessel, Heizplatten, Bohrmaschinen, Kreissägen, fahrbare Motoren oder Maschinen auf Baustellen. Für feste Verlegung, z. B. in provisorischen Bauten sowie direkte Verlegung auf Bauteilen von Hebezeugen, Maschinen.	Bei mittleren mechanischen Beanspruchungen für den Anschluss von elektrischen Betriebsmitteln, insbesondere für Geräte, die dauernd im Wasser eingesetzt werden, z. B. Tauchmotorpumpen, Unterwasserscheinwerfer. Für Wassertemperaturen bis 60 °C.

Zulässige Strombelastbarkeit von Leitungen (DIN VDE 0298 Teil 4)

Strombelastbarkeit von H07RN-F (Ozoflex Plus), NSSHÖU- und S07BB-F, S07BBH2-F (Hydrofirmleitungen) bei Dauerbetrieb bis 30 °C Umgebungstemperatur und 90 °C Leitertemperatur

Einschaltung direkt								
Spalte:	1	2	3	4	5	6	7	8
Verlegearten von 3 belasteten Adern								
Einschaltung YΩ oder 2 Kabel parallel								
Verlegearten von 6 belasteten Adern								
Nennquerschnitt t Kupferleitung [mm²]	Belastbarkeit [A]							
1,5	35	33	31	29	28	23	19	18
2,5	45	43	40	38	36	30	25	24
4	62	59	54	52	49	41	34	32
6	80	76	70	68	64	53	45	42
10	111	106	97	94	88	74	63	59
16	149	141	131	126	119	99	84	79
25	197	187	173	167	157	131	111	104
35	244	231	214	207	195	162	137	129
50	304	289	267	258	243	202	171	161
70	376	357	331	319	300	250	212	200
95	453	430	398	385	362	301	255	240
120	529	503	465	449	423	352	299	281
150	608	577	535	516	486	404	343	323
185	693	659	609	589	554	461	391	368

Berücksichtigt werden muss:
- Belastung der Leitungen im ungestörten Betrieb
- Belastung der Leitung im Kurzschlussfall
- es wird die bestimmungsgemäße Verwendung der isolierten Starkstromleitung vorausgesetzt
- es werden nur die betriebsstromführenden Leiter berücksichtigt
- es wird symmetrische Belastung angenommen
- es werden die ungünstigsten Betriebsbedingungen vorausgesetzt, bei gleichzeitig ungünstigstem Leitungsverlauf

Bei Verlegung im Wasser kann die Verlegungsart aus Spalte 1 für Einzeladerleitung und aus Spalte 6 für Häufung und Mehraderleitung angenommen werden.

Der Schutzleiter gilt nicht als belastete Ader und kann immer mit verlegt werden.

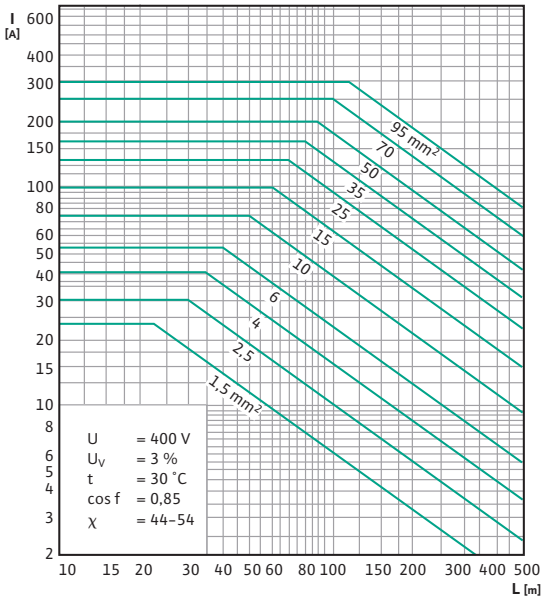
Bei abweichenden Umgebungstemperaturen sind die Belastbarkeitswerte mit den Faktoren f umzurechnen:

°C	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
f	1,15	1,12	1,08	1,04	1,00	0,96	0,91	0,87	0,82	0,76	0,65	0,58	0,50

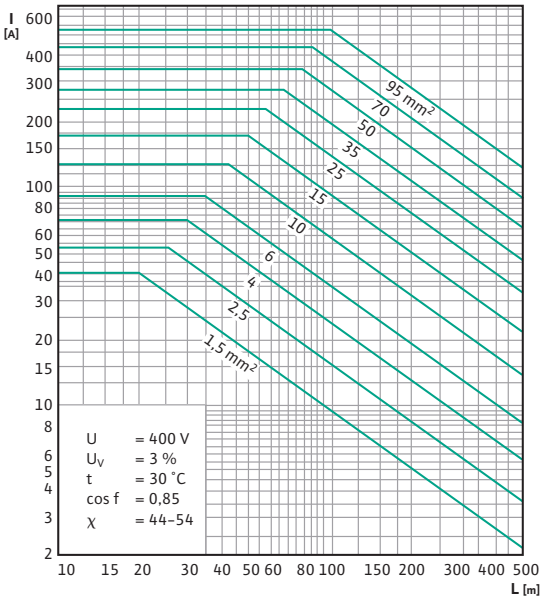
Bei der Festlegung des Leitungsquerschnitts ist zu beachten, dass der Spannungsabfall nicht mehr als etwa 3 % betragen soll. Bei der Wahl des Querschnitts sind stets die Vorschriften der lokalen Energieversorger und nicht zuletzt auch die Wünsche des Kunden bezüglich der Rentabilität der Anlage zu berücksichtigen.

Dimensionierung bzw. Auswahl der Kabel in Relation zu Länge (L) und Strom (I)

Direkte Einschaltung, Mehraderleitung



Stern–Dreieck Einschaltung, Mehraderleitung



Notwendige Berechnungsformeln

Spannungsverlust:

$$U_V = \frac{C \cdot I \cdot L_K \cdot \cos\varphi}{A \cdot U} \; [\%]$$

Leistungsverlust:

$$P_V = \frac{U_V}{\cos\varphi^2} \; [\%]$$

Umrechnung für andere Betriebsspannungen:

$$L_{Diagramm} = \frac{400}{U} \cdot L_K$$

Abkürzung		Beschreibung
A	[mm²]	Leitungsquerschnitt
C		direkte Einschaltung und Anlasstrafo: 3,1
		direkte Einschaltung, 2 Leitungen parallel: 1,55
		Stern–Dreieck Einschaltung: 2,1
I	[A]	Nennstrom
L	[m]	einfache Leitungslänge (zur Diagrammauswahl)
L_k	[m]	aktuelle Kabellänge
P_V	[%]	Leistungsverlust
U	[V]	Betriebsspannung
U_V	[%]	Spannungsverlust
cos φ		Leistungsfaktor bei I

ENTER
LOC
REM
RESET
Betrieb
Störung

Steuer- und Regelungstechnik

Niveauerfassungssysteme

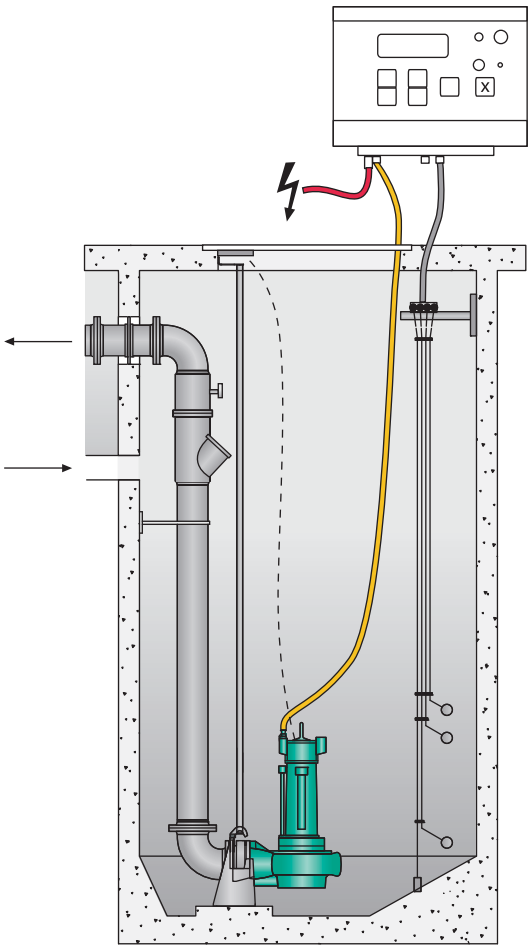
Niveauerfassungssysteme dienen zum Erfassen von Füllstandshöhen in Behältern. Je nach Einsatzbedingungen sind verschiedene Systeme verfügbar.

Schwimmerschalter

Bei diesem Verfahren werden Schaltkontakte in einem Schwimmkörper in Abhängigkeit des Neigungswinkels geschlossen oder geöffnet.

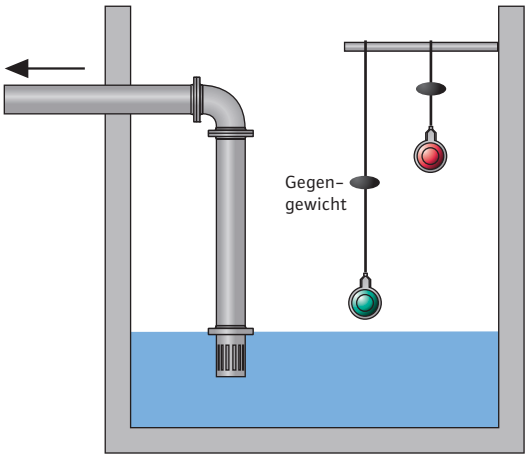
Einpunkt Schwimmerschalter:
Diese Schwimmer werden sehr kurz am Kabel fixiert und haben eine geringe Differenz zwischen Ein- und Ausschaltpunkt. Teilweise sind diese Schwimmer auch in schweren Ausführungen erhältlich die dann um ihren Schwerpunkt kippen. Um ein ständiges Schalten der Pumpe zu vermeiden, müssen mindestens zwei dieser Schwimmer zur Niveausteuerung verwendet werden. Durch ihr gutes Aufschwimmverhalten sind sie aber im Abwasserbereich besser geeignet.

Schimmerschalter



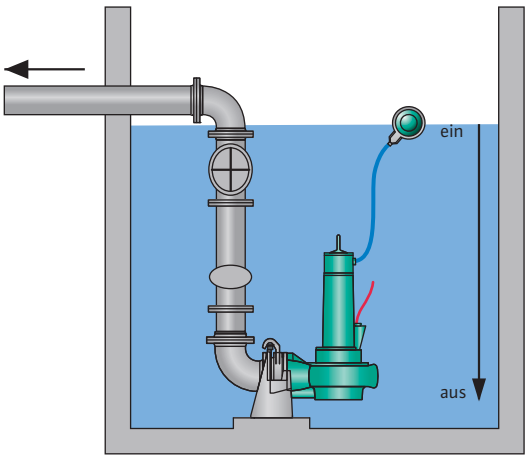
Dabei müssen grundsätzlich zwei verschiedene Konstruktionen unterschieden werden:

Einpunkt Schwimmerschalter



Zweipunkt Schwimmerschalter:
Diese Schwimmerschalter besitzen einen größeren Winkel zwischen Ein- und Ausschaltpunkt. Sie werden an ihrer Leitung befestigt. Somit ist es je nach abgespannter Leitungslänge möglich, kleinere Differenzen mit nur einem Schimmerschalter zu schalten.

Zweipunkt Schwimmerschalter



Allgemein ist bei Schwimmerschaltern darauf zu achten, dass sie sich im Schacht frei bewegen können. Weiterhin können sie im exlosionsgefährdeten Bereich verwendet werden, wenn sie über ein Ex-Trennrelais (Ex-i) betrieben werden.

Staudrucksystem (Messung des hydrostatischen Drucks)

Bei diesem Verfahren wird über eine Messglocke/Staudruckglocke der Druck am Einbauort gemessen. Die Füllhöhe des Mediums erzeugt einen Druck, der über einen Schlauch zum Auswertgerät geleitet wird. Im Auswertgerät wird der Druck in ein elektrisches Signal umgewandelt. Damit ist eine kontinuierliche Füllstandsmessung möglich, bei der die Schaltpunkte frei definiert werden können. Es werden offene Systeme und geschlossene Systeme unterschieden. Die Auswahl erfolgt je nach Einsatzgebiet und Art des Fördermediums. Der Einsatz im explosionsgefährdeten Bereich ist möglich.

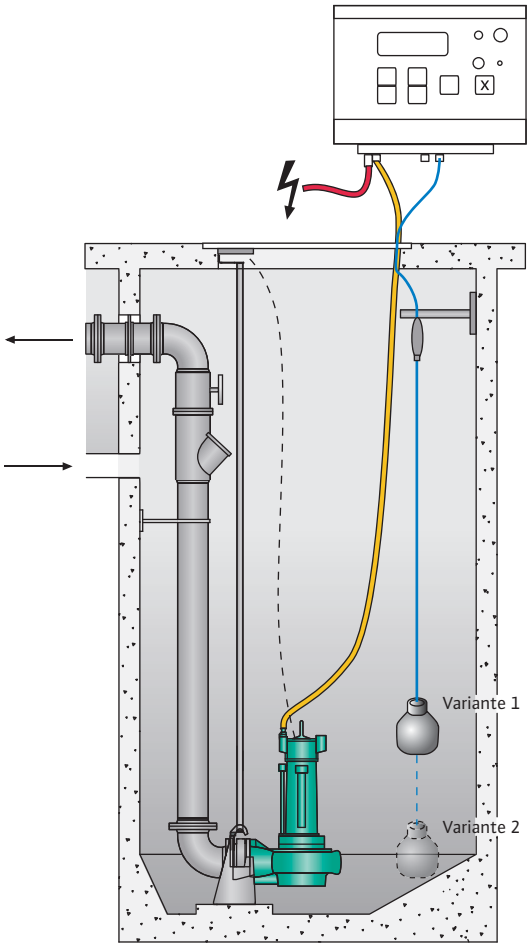
Offenes System:
Bei dieser Variante ist die Glocke zum Fördermedium offen. Nach jedem Abpumpen muss die Glocke austauchen um das System zu belüften, Aus nach Zeit (Glocke oberhalb „Aus“ – Variante 1). Eine weitere Möglichkeit zum Belüften des Systems bietet der Anschluss eines Kleinkompressors (Lufteinperlsystem), der das System ständig oder periodisch belüftet, Aus nach Wasserstand (Glocke immer unter Wasser – Variante 2).

Geschlossenes System:
Bei dieser Variante wird das Luftpolster in der Glocke mit einer Membran vom Medium getrennt. Das System ist somit für stark verschmutzte Medien geeignet. Undichtigkeiten/Luftverlust des Systems führen zu Messfehlern oder zum Ausfall des Systems.

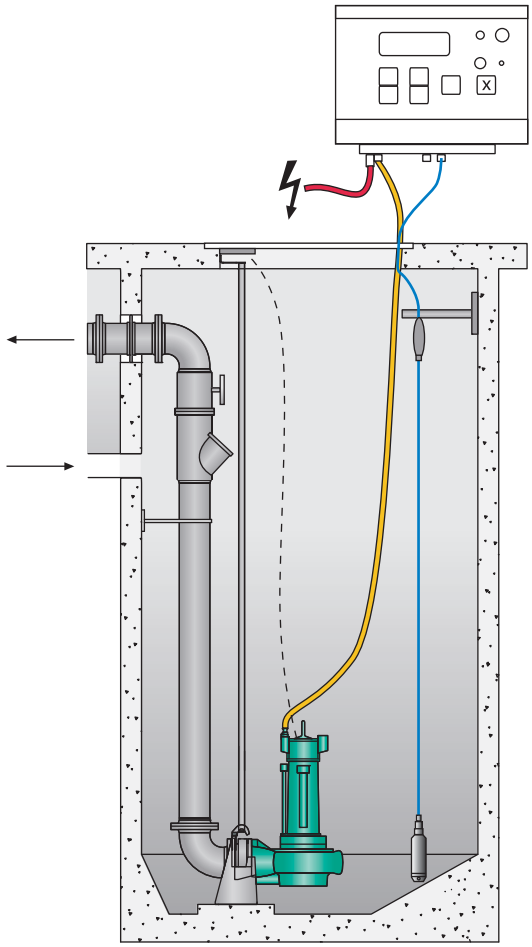
Drucksonde (elektronischer Druckaufnehmer)

Ähnlich wie bei den Staudrucksonden wird auch hier der hydrostatische Druck an der Einbaustelle gemessen. Über eine Membran wird der Druck hier aber direkt im Druckaufnehmer in ein elektrisches Signal umgewandelt.

Staudrucksystem



Drucksonde



Leitfähigkeit (konduktives Messverfahren)

Hier werden Tauchelektroden an ein Auswert-relais angeschlossen. Das Relais erkennt anhand des Widerstands, ob Medium vorhanden ist oder nicht. Der Ansprechwiderstand kann an den meisten Relais' eingestellt werden. Damit lassen sich einfache Niveausteuerungen zum Befüllen oder Entleeren realisieren. Auch die Anwendung als Trockenlaufschutz ist sehr häufig. Für Abwasserpumpstationen nicht geeignet.

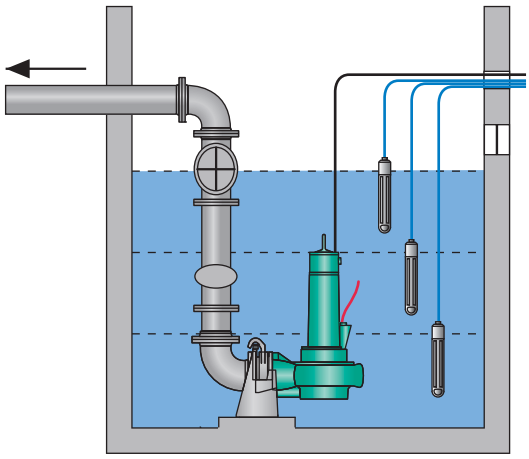
Ultraschall

Die Messung mit Ultraschall beruht auf einer Laufzeitmessung. Die durch einen Sensor ausgesandten Ultraschall-Impulse werden von der Oberfläche des Mediums reflektiert und vom Sensor erfasst. Die benötigte Laufzeit ist ein Maß für den zurückgelegten Weg im leeren Behälter. Dieser Wert wird von der gesamten Behälterhöhe abgezogen und man erhält daraus den Füllstand.

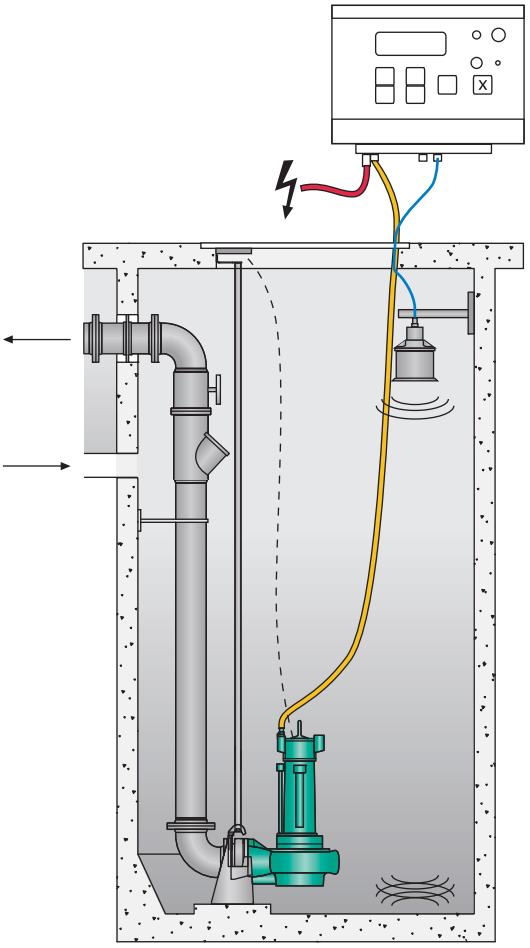
Der Vorteil dieser Methode liegt darin, dass unabhängig vom Medium der Füllstand in einem Behälter berührungslos gemessen werden kann.

Bei der Installation ist darauf zu achten, dass der vom Sensor ausgestrahlte Messkegel frei von Einbauten ist. Auch ein Mindestabstand zur Behälterwand ist einzuhalten.

Tauchelektroden



Ultraschall



Schaltgeräte – kundenspezifische Lösungen

Hinweis:
Das Standardprogramm der Wilo-Schaltgeräte finden Sie in den Produktkatalogen.

Moderne Anlagensteuerungen mit Fernwirktechnik und Ferndiagnose

Moderne Anlagensteuerungen stellen nicht nur die zuverlässige Überwachung der Maschinen sicher, sondern bieten auch einen weltweiten Fernzugriff über GSM oder GPRS (General Packet Radio Service) auf die Anlage.

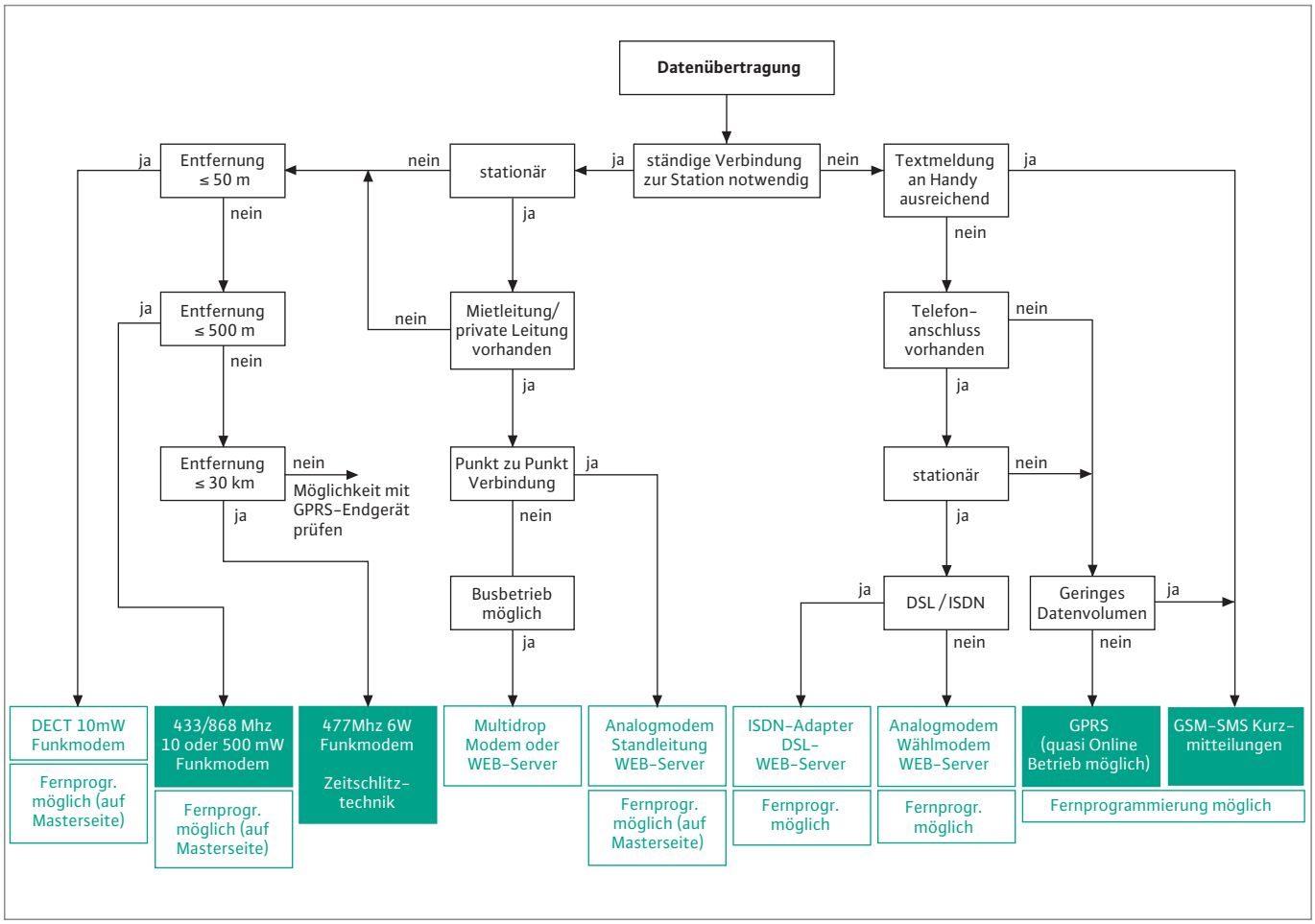
Fernwartung und Störungsdiagnose stellen bei modernen Anlagen kein Problem dar.

Besonders die Betreiber kommunaler Ver- und Entsorgungseinrichtungen stehen vor dem Problem, weit verteilte Anlagenteile überwachen und steuern zu müssen. Aber bei der Fernwirktechnik gibt es keine Standard-Lösung! Es muss ein anlagenoptimiertes Konzept über die Kommunikationswege ausgearbeitet werden.

Man unterscheidet prinzipiell zwischen zwei Arten:

Drahtlose Kommunikation	Drahtgebundene Kommunikation
Datenübertragung per Betriebsfunk	Datenübertragung per privatem Fernmeldekabel
Datenfunk per Zeitschlitztechnik	Datenübertragung per Bussystem
Datenübertragung per GSM/SMS	
Datenübertragung per GSM/GPRS	

Die Auswahl erfolgt anhand der folgenden Kriterien:



Weitere Entscheidunskriterien sind:
Gewünschtes Übertragungs-protokoll, Übertragung von Werten mit Zeitstempel, Leitstellenkopplung, Fernprogrammierung etc.

Die grün unterlegten Techniken kommen im Bereich Abwasser vorzugsweise zum Einsatz. Besonders zu beachten sind die Datenmengen, eventuelle Echtzeitdaten, Entfernung bei der Übertragung sowie mögliche Übertragungswege und Kosten für die Übertragung.

Innerhalb einer Kläranlage mit kurzen Entfernungen eigenen sich insbesondere die 868 MHz- sowie WLAN- (störanfällig) und Bluetooth-Technik.

Für Außenbauwerke gilt: Bei GSM Empfang ist GPRS meist das kostengünstigste Übertragungsmedium, bei geringen Entfernungen (bis ca. 500 m) eignet sich auch die 868 MHz-Technik, falls Daten nicht in Echtzeit übertragen werden müssen.

Für Außenbauwerke ohne GSM-Empfang ist die Zeitschlitztechnik, u. U. mit Funkrepeatern, die beste Lösung.

Sollen nur einfache Störmeldungen abgesetzt werden, dann genügen auch GSM-Störmelder auf SMS-Basis. Die Kosten für GPRS liegen im selben Bereich, wenn nur eine Zentrale informiert wird. Sollen die SMS-Meldungen zum Beispiel auch auf Mobilfunkgeräte der Betriebselektriker gesendet werden, dann sind Störmelder auf GSM-SMS-Basis zu bevorzugen. SMS-Meldungen können zwar zum Teil auch über GPRS-Geräte realisiert werden, jedoch nur gegen Aufpreis!

Zuverlässigkeit: Funkübertragungssysteme auf Basis von GPRS sind zuverlässiger als eine SMS, die zum Teil erst mit erheblichen Zeitverzögerungen ankommen kann.

Echtzeit: Quasi Echtzeitfähig sind WLAN und Bluetooth (Verzögerung in ms) und GPRS (Verzögerung ca. 2-4 Sekunden). Bei allen anderen Systemen hängt es vom erlaubten „Duty Cycle“ sowie Verfügbarkeit der Funkzellen ab.

Datenübertragung per Funkübertragung

Betriebsfunk 433 MHz:
- Sendeleistung bis 10 mW, Entfernung 600 m (Sichtkontakt)
- keine Übertragungskosten, für den industriellen Einsatz nicht mehr empfehlenswert, da Garagentore, Modellautos etc. diese Technik verwenden und es zu Funkstörungen/Überlagerungen kommen kann
- alternativ: Betriebsfunk 868 MHz

Betriebsfunk 868 MHz:
- Sendeleistung 10 bis 500 mW, Entfernung 500 m bis 10 km (Sichtkontakt)
- Einsatzbeispiele: Pumpenanlagen in geringer Entfernung zur Zentrale
- Vorteil: Günstige Anschaffungs- und Betriebskosten, geeignet für Solaranlagen
- Nachteil: Nur geringe Übertragungsstrecken möglich, zeitlich begrenzte Übertragung
- alternativ: GPRS, sehr günstige Anschaffungskosten, sehr günstige Betriebskosten, mittlere Übertragungskosten

DECT:
- wird von schnurlosen Telefonen verwendet, aufgrund der geringen Reichweite und anderer Einschränkungen für den Abwasserbereich nicht empfehlenswert

Richtfunk:
- hohe Anschaffungs- und Wartungskosten, Entfernungen bis 50 km (Sichtkontakt).
- nur Punkt-zu-Punkt-Verbindungen, für Abwasseranlagen ungeeignet

Bündelfunk:
- keine Übertragungskosten, jedoch eigene, teure Infrastruktur erforderlich.
- wird aufgrund günstigerer Technologien im Bereich Abwasser nicht mehr eingesetzt.

Zeitschlitztechnik:
Diese Technik eignet sich insbesondere für die Kommunikation zwischen den Außenstationen von Pumpen, Rohrleitungen sowie Regenüberlaufbecken, wenn kein GSM Funkempfang vorhanden ist. Aufgrund der relativ teuren Funkgeräte (ca. € 1.000) und höheren Kosten für die Antenne (ca. € 250) ist sie jedoch im Vergleich zu GSM auch nach mehreren Betriebsjahren noch teuerer.

Wie der Name bereits sagt, können die Daten nicht permanent übertragen werden. Innerhalb von einer Minute steht nur ein „Zeitschlitz“ von 6 Sekunden für die Übertragung zur Verfügung. Dies reicht in der Regel jedoch aus, um die Daten von mehreren Geräten auszutauschen. Danach muß eine Sendepause von 54 Sekunden eingehalten werden, bis der nächste Sendezyklus gestartet werden kann. Darüber hinaus gibt es die Möglichkeit des pro Tag einstündigen Betriebs (siehe unten), der jedoch für Abwasserapplikationen nicht geeignet ist.

- Zeitschlitzsteuerung: 10 Zeitschlitze (Funkzeiten) von je 6 Sekunden pro Minute
- Bandbreite: 70 cm-Band
- Frequenzbereich: 447 – 448 MHz, 5 Frequenzen; Kanalabstand: 12,5 kHz
- Datenübertragungsrate: 4.800 bps bis 9.600 bps
- Antennenausgangsleistung: 6 W max.
- SONDER-Frequenzbereich im 1:24 Verfahren (1 Stunde nutzbar/Tag): 459,530 MHz; 459,550 MHz; 459,570 MHz; 459,590 MHz
- Kanalabstand: 20 kHz ; Datenübertragungsrate: 4.800 bps bis 9.600 bps
- Vorschriften und Gebühren für die Nutzung der Sonderfrequenzen
- Zulassung nach Norm ETS 300 113
- Frequenzzuweisung durch die Regulierungsbehörde TP (RegTP)
- Frequenznutzungsbeitragsverordnung gem. Amtsblatt Nr. 30/1996, Vfg. 228/1996

GSM CSD:
Heute nicht mehr Stand der Technik! Wurde vor GPRS sehr häufig eingesetzt. Bei einer GSM CSD Datenübertragung muss zuerst die Verbindung zwischen zwei Stationen aufgebaut werden, ähnlich einer Sprachverbindung mit dem Handy. Dies dauert je nach Auslastung der Netze bis zu 30 Sekunden. Steht die Verbindung, dann können die Daten übertragen werden. Bezahlt wird nicht die Datenmenge, sondern die Verbindungszeit genau wie bei einem Mobilfunkgespräch. Die Übertragungskosten für diese Technik liegen, je nach Datenübertragungshäufigkeit und Menge, beim 2–10fachen über vergleichbaren GPRS Tarifen. Die Anschaffungskosten für die Geräte sind jedoch identisch zu GRPS.

Ein einziger Vorteil ist dem GSM CSD-Verfahren gegenüber GPRS geblieben: Die Telefonnummer ist im Gegensatz zu einer IP-Adresse immer statisch und kann weltweit erreicht werden. Dies ermöglicht eine Punkt-zu-Punkt Verbindung zwischen zwei Unterstationen. Dies ist bei GPRS nur wenigen Lösungen vorbehalten.

GSM SMS:
Durchaus brauchbare Alternative bei kleinen Störmeldesystemen. Statt einer statischen Verbindung zwischen zwei Teilnehmern wird eine SMS-Meldung (maximal 160 Zeichen) verschickt. Diese kann sowohl von einem Mobiltelefon als auch einer Steuerung mit GSM oder einem Leitsystem mit GSM empfangen werden. Neben geringen Grundgebühren sind pro SMS weitere Kosten fällig. Eine SMS kann übrigens auch von manchen GPRS-Geräten abgesetzt werden. Dies hat den Vorteil, dass neben der normalen Datenübertragung zwischen Unterstation und Zentrale auch Personen, zum Beispiel Betriebselektriker, über das Mobilfunkgerät informiert werden können.

UMTS:
Im Bereich Abwasser lediglich für mobile Visualisierungs- oder Prozessleitsysteme interessant. Für Unterstationen nicht geeignet, da wesentlich höhere Kosten anfallen und die Flächendeckung nur in Ballungsräumen gewährleistet wird. Kann jedoch optimal zusammen mit GPRS eingesetzt werden (Unterstation ⇒ GPRS, mobiles Leitsystem ⇒ UMTS), da die Internet Basistechnologie identisch ist.

EDGE:
EDGE steht für Enhanced Data Rates for GSM Evolution und wird dazu genutzt, herkömmliche GSM-/GPRS-Netze aufzuwerten und auf diese Weise höhere Datenübertragungsraten zu realisieren. Als Weiterentwicklung des üblichen GPRS-Standards, bei dem im Mittel 40 kBit/s erreicht werden, bietet EDGE die Möglichkeit, den Datendurchsatz auf bis zu 220 kBit/s zu erhöhen. Da im Augenblick noch keine preisgünstigen Endgeräte zur Verfügung stehen, kommt diese Technik noch nicht in Frage. Abgesehen davon würde sie lediglich eine schnellere Datenübertragung als GPRS ermöglichen, die jedoch bei Unterstationen mit den geringen Datenmengen ohnehin keine Rolle spielt.

WLAN:
WLAN nutzt die DSSS-Übertragungstechnik (Direct Sequence Spread Spectrum) und ist damit nicht übertragungssicher. Bei Störsignalen kann die Verbindung sehr schnell abbrechen. Die Antennen handelsüblicher 802.11 Endgeräte lassen 30 bis 100 Meter Reichweite auf freier Fläche zu. Mit neuester Technik lassen sich sogar 90 Meter in geschlossenen Räumen erreichen. Bessere WLAN-Hardware sollte den Anschluss einer externen Antenne erlauben. Mit externen Rundstrahlantennen lassen sich bei Sichtkontakt 100 bis 300 Meter im Freien überbrücken. Mit Richtfunkantennen können sogar mehrere Kilometer erreicht werden.

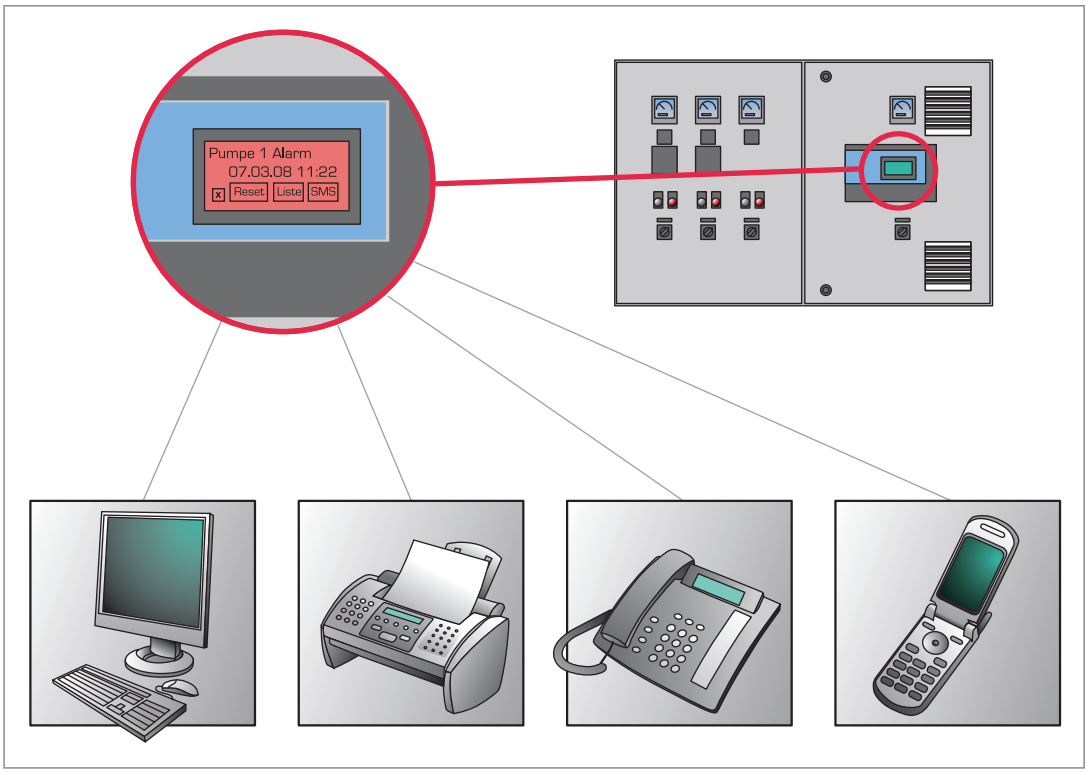
Bluetooth (2,4 GHz ISM Band, bis max. 150 m Entfernung):
Bluetooth nutzt das Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS). In diesem besonders schwer abhörbaren Verfahren werden insgesamt 79 Kanäle genutzt. Der einzelne Kanal wechselt alle 0,625 Millisekunden einvernehmlich zwischen Sender und Empfänger. Das ergibt rund 1600 Frequenzsprünge pro Sekunde, Störungen auf einzelnen Kanälen werden somit kompensiert und der Fremdzugriff von außen ist unterbunden, da die Sprungfolge für Außenstehende unbekannt ist.

Zusätzliche Datensicherheit bietet die Möglichkeit, die Geräte mit einem Passwort zu versehen, oder aber, nach erfolgreichem Verbindungsaufbau, die Geräte für andere Geräte nicht sichtbar zu machen.

Klassen und Reichweite

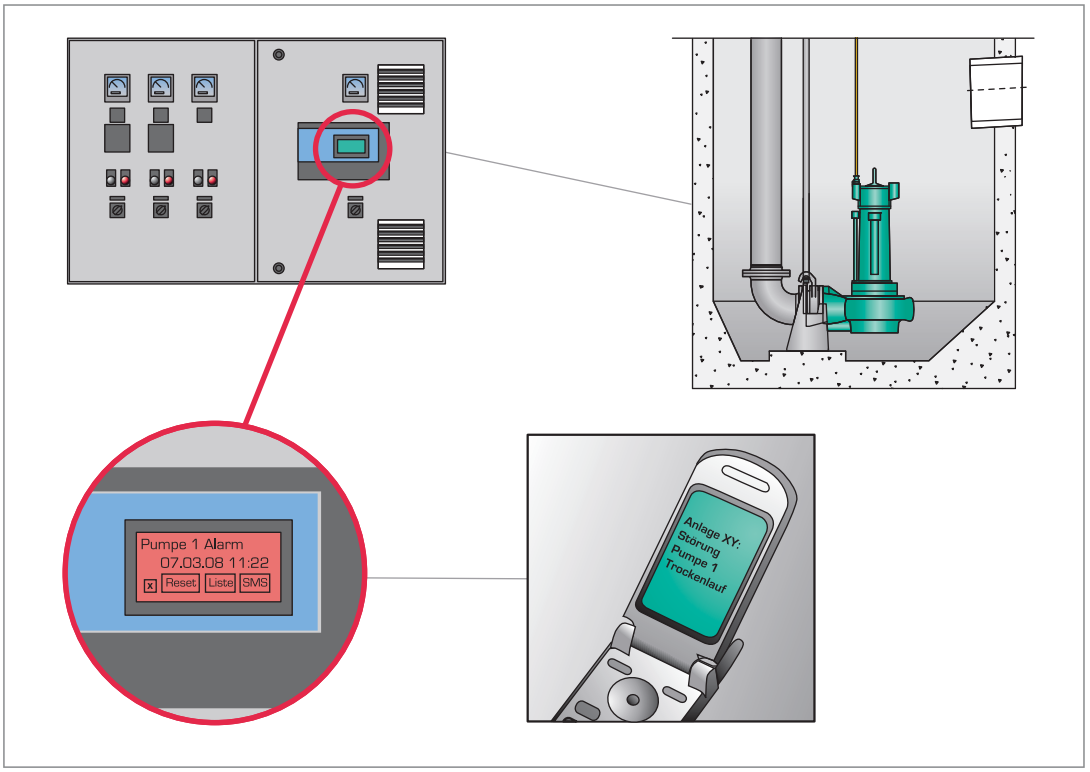
Klasse	Maximale Leistung	Maximale Leistung	Reichweite im Freien
	[mW]	[dBm]	[m]
Klasse 1	100	20	~ 100
Klasse 2	2,5	4	~ 50
Klasse 3	1	0	~ 10

Praxisbeispiel GSM Störmeldesystem



- *Alarmierung über Handy, Fax, Telefon, E-Mail*
- *Meldung mit Stations-namen, Art der Störung,*
- *Uhrzeit, Datum*
- *Zeitstempel*
- *Protokollierung der letzten 35 Störmeldungen*
- *Fernquittierung über Handy*
- *es können 4 Anrufteil-nehmer gewählt werden*

Praxisbeispiel Pumpstationen – Fernwirksystem mit moderner Pumpenregelung



- *Kläranlagen*
- *Regenrückhaltebecken*
- *Abwasserpumpstationen*

Funktion
- *Pumpenregelung*
- *Energieoptimierung*
- *GPRS-Datenaustausch*
  - *Zustandsmeldungen*
  - *Messwerte*
  - *Betriebsstunden*
  - *Betriebsdaten*
  - *Störmeldungen*
  - *Alarmmeldungen*
  - *Quittierung*
- *SMS Meldung*
  - *Betriebselektriker*
- *Touch Screen für*
  - *Sollwerteinstellung*
  - *Betriebsdatenanzeige*
  - *Alarmanzeige*

Danfoss
DISPLAY MODE
QUICK MENU
EXTEND. MENU
CHANGE DATA
CANCEL
OK
ALARM
WARNING
ON
HAND START
OFF STOP
AUTO START
RESET
VLT 8000 AQUA
VLT
QUINT POWER
QUINT DC-UPS 10 A
XFU

Besonderheiten im Betrieb mit Sanftanlaufgeräten oder Frequenzumrichtern

Sanftanlauf (Softstarter)

Abwasserpumpen können mittels Sanftanlaufgeräten gestartet und abgeschaltet werden.

Der sich einstellende Strom während des An- bzw. Auslaufes liegt zwischen dem 2,5- bis 3,5fachen des Bemessungsstromes. Durch Verwendung von Geräten mit der speziellen Option für Pumpenantriebe kann der Anlaufstrom nochmals verkleinert werden (ca. 1,5 – 2,5).

Die Anlauf- bzw. Auslaufzeit ist bei kugelgelagerten Abwassermotoren unkritisch. Wegen des vorgeschalteten Motorschutzes sollte der Anlauf bzw. Auslauf innerhalb von 30 Sekunden beendet sein. Bei Reinwassermotoren mit wassergeschmierten Lagern sind Mindestdrehzahlen zu beachten. Die Anzahl der Schaltungen pro Stunde kann dem pumpenspezifischen Motordatenblatt entnommen werden (Durchschnittlich 10, Daten des Anlaufgerätes beachten).

Die Auslegung des Motors (z. B. Kabel usw.) wird wie bei „direkter Einschaltung“ ausgeführt.

Die Sanftanlauf-Auslaufgeräte sind nur sehr bedingt zur Reduzierung von Druckstößen in Rohrleitungen geeignet. Wir empfehlen dafür automatische Schieber sowie Freqenzumrichter unter Berücksichtigung der vorher gemachten Aussagen. Nach erfolgtem Hochlauf empfehlen wir die Überbrückung des Anlaufgeräts.

Bei Einhaltung der Empfehlungen ist ein problemloser Betrieb mit Sanftanlaufgeräten möglich.

Frequenzumrichter

Abwasserpumpen können mit den handelsüblichen Frequenzumrichtern betrieben werden. Diese sind üblicherweise als „pulsweitenmodulierte“ Umrichter ausgeführt.

Grundausstattung

Maximalfrequenz – Minimalfrequenz – Überstrom – Anfahrzeit – Auslaufzeit – Anlaufmoment – Anzeige von Strom – Frequenz – Drehzahl – U/f-Charakteristik (quadratische Lastkennlinie für Kreiselpumpen) – Schutz gegen Überspannung, Unterspannung

Sonderausstattung

Fehlerdiagnose – Reduzierung von Motorgeräuschen – Ausblendung von Resonanzfrequenzen – Datenfernübertragung – Fernsteuerung

Auswahl von Motor und Umrichter

Es kann jeder WILO-Abwassermotor in Serienausführung verwendet werden. Bei Bemessungsspannung über 415 V ist eine Rückfrage im Werk erforderlich. Die Bemessungsleistung des Motors sollte wegen der zusätzlichen Erwärmung durch Oberwellen ca. 10 % über dem Leistungsbedarf der Pumpe liegen.

Mit entsprechenden Ausgangsfiltern ist es möglich, die Leistungsreserve von 10 % zu reduzieren.

Die Auslegung des Motors (z. B. Kabel usw.) wird wie bei „direkter Einschaltung“ ausgeführt.

Die Dimensionierung des Umrichters erfolgt nach dem Motornennstrom. Eine Auswahl nach der Motorleistung in kW kann zu Schwierigkeiten führen. Bei Ausfall der Frequenzumrichter kann ein Bypass mit Stern-Dreieck-Kombination zusätzlich vorgesehen werden. Dann müssen die Kabel gemäß Stern-Dreieck-Betrieb ausgelegt werden.

Mindestdrehzahl bei Abwasser- und Schmutzwasserpumpen

Bei Abwasser- und Schmutzwasserpumpen ist keine Mindestdrehzahl vorgeschrieben. Es ist jedoch darauf zu achten, dass das Aggregat, besonders im unteren Drehzahlbereich, ruck- und schwingungsfrei arbeitet. Die Gleitringdichtungen könnten sonst schadhaft und undicht werden.

Betrieb
Wichtig ist, dass das Pumpenaggregat im gesamten Regelbereich ohne Schwingungen, Resonanzen, Pendelmomenten und übermäßigen Geräuschen arbeitet (Rückfrage beim Hersteller).

Ein erhöhtes Motorgeräusch wegen der oberwellenbehafteten Stromversorgung ist normal.
Bei der Parametrierung des Umrichters sollte unbedingt auf die Einstellung der quadratischen Kennlinie (U/f-Kennlinie) für Pumpen und Lüfter geachtet werden! Diese sorgt dafür, dass die Ausgangsspannung bei Frequenzen < 50 Hz dem Leistungsbedarf der Pumpe angepasst wird. Neuere Umrichter bieten auch eine automatische Energieoptimierung – diese erzielt den gleichen Effekt. Für diese und die Einstellung weiterer Parameter beachten Sie bitte die Betriebsanleitung des Umrichters.

Störspannung
Abwassermotore mit Lackdrahtwicklung halten üblicherweise der höheren Belastung der Isolation durch den Umrichterbetrieb stand. Geeignete Zusatzgeräte (Drosseln/Filter) zur Reduzierung schädlicher Spannungsspitzen, sowie zur Verminderung der Motorgeräusche, sind empfehlenswert. Die Qualität der Ausgangsspannung hat direkten Einfluss auf die Lebensdauer der Wicklung.

Lagerströme
Bei umrichtergespeisten Motoren können Lagerströme auftreten. Diese beanspruchen die Lagerung des Motors und können je nach Größe des Stroms die Lager schädigen. Grundsätzlich fließt ein Lagerstrom nur dann, wenn am Lagerschmierspalt eine Spannung ansteht, die hoch genug ist, um die Isolierung des Schmiermittels zu durchschlagen. Es gibt verschiedene Quellen für diese Spannung:

Die wichtigsten Faktoren, die entscheiden, welcher Mechanismus im Vordergrund steht, sind die Baugröße des Motors und das Erdungssystem von Motorgehäuse und Welle. Die elektrische Installation, vor allem eine geeignete Kabelart, die einwandfreie Kontaktierung der Erdungsleiter und die elektrische Schirmung spielen auch eine wichtige Rolle, außerdem die Bemessungsspannung am Umrichtereingang und die Anstiegszeit der Spannung am Umrichterausgang. Die Quelle der Lagerströme ist die Spannung am Lager. Es gibt drei Arten von hochfrequenten Lagerströmen: Zirkulierende Ströme, Erdströme über die Welle und EDM-Ströme.

Weitere Informationen und Empfehlungen sind in der DIN CLC/TS 60034-25 zu finden.

EMV
Zur Einhaltung der EMV-Richtlinien (Elektromagnetische Verträglichkeit) kann der Einsatz von geschirmten Leitungen oder die Verlegung des Kabels in Metallrohren sowie der Einbau von Filtern notwendig werden. Die jeweiligen Maßnahmen, die zur Einhaltung der EMV-Richtlinien erforderlich sind, hängen vom Umrichtertyp, Umrichterhersteller, der verlegten Kabellänge sowie von weiteren Faktoren ab. Im Einzelfall ist es deshalb erforderlich, die notwendigen durchzuführenden Maßnahmen der Betriebsanleitung des Umrichters zu entnehmen bzw. mit dem Umrichterhersteller direkt abzuklären.

Motorschutz
Neben der eingebauten elektronischen Stromüberwachung im Umrichter bzw. thermischen Überlastrelais' in der Schaltanlage empfehlen wir den Einbau von Temperaturfühlern im Motor. Geeignet sind Kaltleitertemperaturfühler (PTC) sowie auch Widerstandstemperaturfühler (PT 100). Explosionsgeschützte Motoren sind bei FU-Betrieb grundsätzlich mit Kaltleitern auszustatten. Es muss ein zugelassenes Motorschutzrelais für die Kaltleiter, z. B. WILO CM-MSS, verwendet werden.

Betrieb bis 60 Hz
Wilo-Motoren können bis 60 Hz hochgeregelt werden, unter der Voraussetzung, dass der Motor für den höheren Leistungsbedarf der Pumpe bemessen wurde. Die Bemessungsleistung ist den 50 Hz-Datenblättern zu entnehmen.

Wirkungsgrad
Neben Motor- und Pumpenwirkungsgrad muss noch der Wirkungsgrad des Umrichters (~ 95 %) berücksichtigt werden. Die Wirkungsgrade aller Komponenten ändern sich zu niedrigeren Werten bei Drehzahlreduzierung.

Zusammenfassung
Bei Beachtung vorgenannter Punkte unter Einbeziehung der Anleitung des Umrichters ist ein problemloser, drehzahlgeregelter Betrieb mit Abwasserpumpen möglich.

WILO
P-Typ Wilo-EMU FA15.84D
S/N 650054955
M-Typ T17.2-6/24KEx
U 400 - 3 V
Q 42 l/s
I 13.60 A
H 6.7m
Iw 21.7 A
Cos φ 0.82
P 6.00 kW
SF 1.00
F 50 Hz
Iw 13.60 A
MFY 2008
N 927 1/min
Excl II 2 G EEx d IIB T4
Made by WILO EMU
WILO EMU GmbH
95030 Hof / Germany
0102
CE

Ex-Schutz

Errichten elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen

Die EG-Richtlinie 99/92/EG „Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphäre gefährdet werden können“ betrifft den Betrieb explosionsgefährdeter Anlagen und richtet sich damit an den Betreiber. Diese Richtlinie enthält nur Mindestvorschriften, die bei der Umsetzung ins nationale Recht durch weitergehende Regelungen ergänzt werden können. Dies erfolgte auch bei der Umsetzung der Richtlinie 99/92/EG in die Betriebssicherheitsverordnung. Die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) „Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes“ enthält unter anderem detaillierte Reglungen zum Betrieb von Ex-Anlagen, insbesondere zur Überwachung, Prüfung und Instandhaltung dieser Anlagen.

Der Betreiber hat nach Richtlinie 99/92/EG die Explosionsgefahr der Anlage zu beurteilen, die Anlage in Gefahrzonen einzuteilen und im Explosionsschutzdokument alle Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten zu dokumentieren.

Bei der Beurteilung der Explosionsrisiken ist zu berücksichtigen:
- Wahrscheinlichkeit und Dauer des Auftretens explosionsfähiger Atmosphäre
- Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins, der Aktivierung und des Wirksamwerdens von Zündquellen
- die verwendeten Stoffe, Verfahren und deren mögliche Wechselwirkung
- das Ausmaß der zu erwartenden Auswirkung von Explosionen

Der Anlagenbetreiber hat die Bereiche, in denen explosionsfähige Atmosphäre vorhanden sein kann, in Zonen einzuteilen und die in der Richtlinie geforderten Mindestvorschriften zu gewährleisten.

Zoneneinteilung und Zuordnung von Geräten entsprechend ihrer Kategorie

	Zone	Dauer des Vorhandenseins explosionsfähiger Atmosphäre	Gerätekategorie
Gase, Dämpfe, Nebel	0	ständig, langzeitig, dauernd	1G
	1	gelegentlich	2G
	2	selten	3G
Stäube	20	ständig, langzeitig, dauernd	1D
	21	gelegentlich	2D
	22	selten	3D

Der Betreiber hat ein Explosionsschutzdokument zu erstellen das mindestens nachfolgende Angaben enthält:
- Gefährdungsbeurteilung
- die getroffenen Schutzmaßnahmen
- die Zoneneinteilung
- die Einhaltung der Mindestvorschriften (technische und organisatorische Maßnahmen)

Elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen

Die Sicherheit in explosionsgefährdeten Bereichen kann nur durch eine enge und gute Zusammenarbeit aller beteiligten Stellen gewährleistet werden.

Planung und Errichtung

Bei der Planung neuer Anlagen ist frühzeitig die Frage nach möglichen Explosionsgefahren zu stellen. Für die Einstufung explosionsfähiger Bereiche ist neben der Stärke möglicher Freisetzungsquellen brennbarer Stoffe auch der Einfluss der natürlichen oder technischen Lüftung zu berücksichtigen. Die explosionstechnischen Kennzahlen der verwendeten brennbaren Stoffe sind zu ermitteln. Erst dann kann die Zoneneinteilung erfolgen und über die Auswahl der geeigneten Betriebsmittel für die explosionsgefährdeten Bereiche entschieden werden.

Der Betreiber hat sicherzustellen, dass die Anlage ordnungsgemäß errichtet und vor der ersten Inbetriebnahme geprüft wird.

Der Errichter muss die Errichtungsanforderungen beachten und die elektrischen Betriebsmittel gemäß Ihrer Verwendung richtig auswählen und installieren.

Der Hersteller explosionsgeschützter Betriebsmittel hat sicherzustellen dass jedes gefertigte Gerät der geprüften Bauart entspricht. Dies wird durch ein entsprechendes Qualitätsmanagementsystem sichergestellt. Die Kennnummer ist auf dem Typenschild dokumentiert.

Wartung und Instandhaltung

Elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen sind einer regelmäßigen Wartung zu unterziehen um sicherzustellen, dass die Sicherheit aufrechterhalten wird. Die Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen sind nur von geschultem Personal durchzuführen, das unter Verantwortung einer sachkundigen Person steht.

Vor Wartungs- und Änderungsarbeiten ist sicherzustellen, dass keine explosionsfähige Atmosphäre vorhanden ist. Die durchgeführten Arbeiten sind zu dokumentieren und es soll bestätigt werden, dass während der Maßnahmen die relevanten Vorschriften eingehalten wurden. Werden Änderungen durchgeführt, die den Explosionsschutz beeinträchtigen können, ist eine Überprüfung durch eine von der Behörde anerkannte, befähigte Person durchzuführen. Diese Überprüfung ist nicht notwendig, wenn die Änderung durch den Hersteller des betreffenden Gerätes durchgeführt worden ist.

Normen

Die ersten europaweit gültigen Normen für elektrische Betriebsmittel wurden als EN 50014 – EN 50020 (Anforderungen an die Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche) herausgeben. Diese Normreihe wird in Schritten durch die Reihe EN 60079 (VDE 0170) ersetzt. Im Bereich der Zündschutzarten für brennbaren Staub wird die ursprüngliche Normreihe EN 50281 durch IEC 61241 ersetzt.

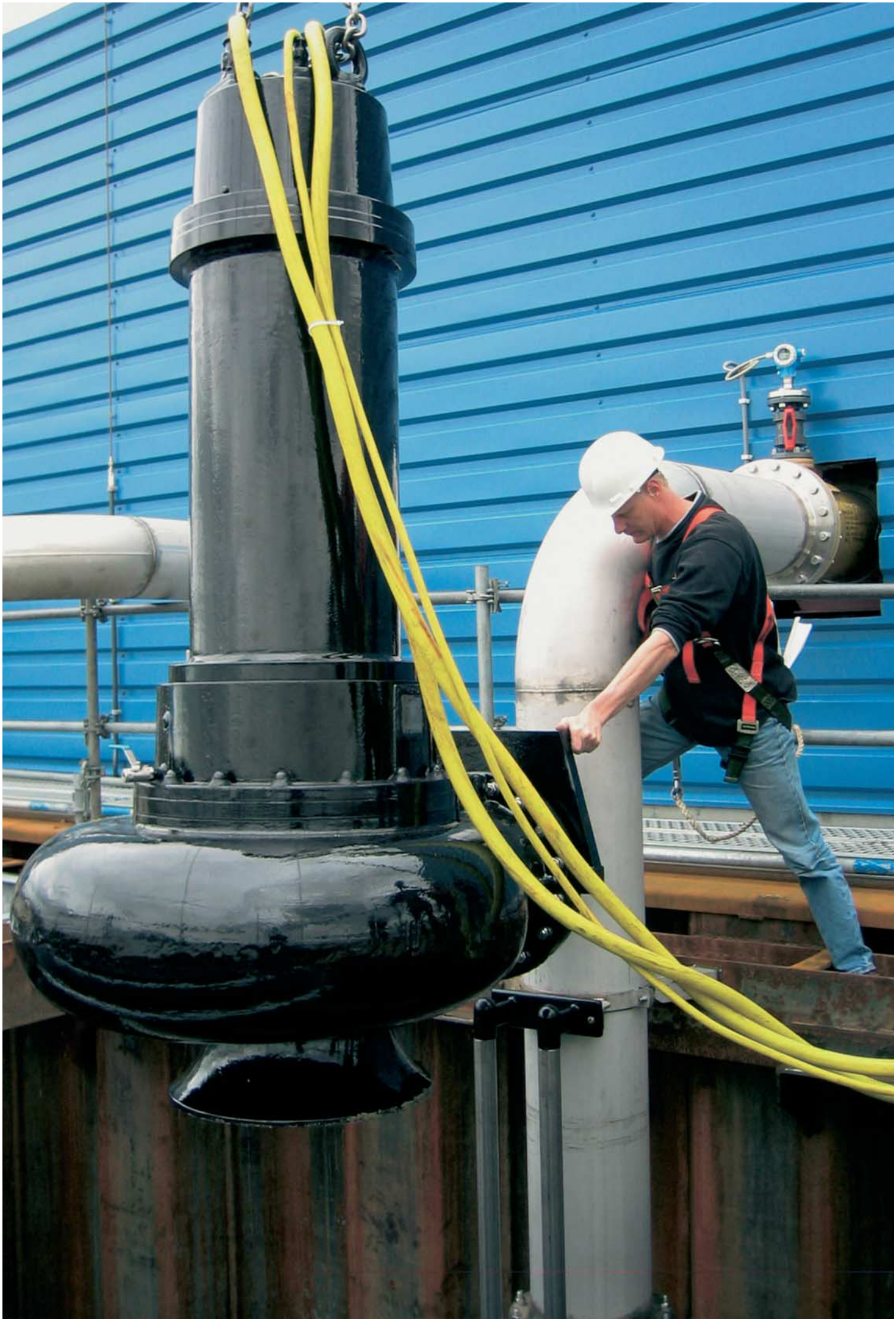
Die nachfolgende Aufstellung gibt eine der Zündschutzarten elektrischer Betriebsmittel für gas- und staubexplosionsgefährdete Bereiche:

Elektrische Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche

	EN (alt)	EN (neu)	IEC
allgemeine Anforderungen	EN 50 014	EN 60 079-0	IEC 60 079-0
druckfeste Kapselung [d]	EN 50 018	EN 60 079-1	IEC 60 079-1
Überdruckkapselung [p]	EN 50 016	EN 60 079-2	IEC 60 079-2
Sandkapselung [q]	EN 50 017	EN 60 079-5	IEC 60 079-5
Ölkapselung [o]	EN 50 015	EN 60 079-6	IEC 60 079-6
erhöhte Sicherheit [e]	EN 50 019	EN 60 079-7	IEC 60 079-7
Eigensicherheit [i]	EN 50 020	EN 60 079-11	IEC 60 079-11
Zündschutzart [n]	EN 50 021	EN 60 079-15	IEC 60 079-15
Vergusskapselung [m]	EN 50 028	EN 60 079-18	IEC 60 079-18
eigensichere Systeme		EN 60 079-25	IEC 60 079-25
elektrische Betriebsmittel für Zone 0	EN 50 284	EN 60 079-26	IEC 60 079-26
eigensicher Feldbussysteme		EN 60 079-27	IEC 60 079-27
optische Strahlung [op]		EN 60 079-28	IEC 60 079-28

Kennzeichnung elektrischer Betriebsmittel nach ATEX

Beispiel	Benennung	Klartext	Übersicht
II	II 2 G Ex de IIB T4 **Gerätegruppe**	Einsatz in allen Bereichen außer Bergbau	**Gerätegruppen** I = Bergbau II = alle Bereiche außer Bergbau
2	II 2 G Ex de IIB T4 **Gerätekategorie**	Einsatz in Zone 1 bzw. Zone 21	**Gerätekategorien** 1 = geeignet für Zone 0 bzw. 20 2 = geeignet für Zone 1 bzw. 21 3 = geeignet für Zone 2 bzw. 22
G	II 2 G Ex de IIB T4 **Einsatzbereich**	Einsatz in Ex-Medium Gas	**Ex-Medien (Atmosphäre)** G = Gas D = Staub
Ex	II 2 G Ex de IIB T4 **Normkennzeichnung**	Gerät entspricht aktuellen EU-Ex-Schutz-Normen	**Bemerkungen:** Konformitätserklärung ohne weitere Angaben
de	II 2 G Ex de IIB T4 **Zündschutzart(en)**	Gerät ausgestattet mit Zündschutzarten druckfeste Kapselung (d) und erhöhte Sicherheit (e)	**Zündschutzarten:** o= Ölkapselung p = Überdruckkapselung (Schutz höher als bei nP) q = Sandkapselung d = druckfeste Kapselung e = erhöhte Sicherheit ia = Eigensicherheit ib = Eigensicherheit m = Vergusskapselung
IIB	II 2 G Ex de IIB T4 **Explosionsgruppe Explosionsschutzanwendung**	Gerät ausgelegt für Explosionsschutzanwendung Gruppe II für Umgebungen mit mittlerer Explosionsneigung	**Explosionsgruppen:** A = Explosionsneigung gering B = Explosionsneigung mittel C = Explosionsneigung hoch **Explosionsschutzanwendungen:** I = Bergbau II = alle Einsatzbereiche außerhalb des Bergbaus
T4	II 2 G Ex de IIB T4 **Temperaturklasse**	Die maximale (im Falle eines Fehlers) vom Gerät auf das Umgebungsmedium einwirkende Oberflächentemperatur beträgt 135 °C	**Temperaturklassen:** T1 = 450 °C T2 = 300 °C T3 = 200 °C T4 = 135 °C T5 = 100 °C T6 = 85 °C



Anhang

Allgemeine Hinweise

Abwasserbemessung
Im Einzelfall bei kritischen Einflussfaktoren können Daten (Erfahrungswerte) abweichen.

Einrichtung	Abfallwasser
	[Liter pro Einwohner]
Krankenhäuser – je Tag und Bett	250 – 260
Hallenbäder – je Besucher	150 – 180
Schulen – je Tag und Schüler	10
Verwaltungsgebäude Person-Tag	40 – 60
Kasernen – Person-Tag	250 – 350
Schlachthöfe – je Großvieh	300 – 400
Kaufhäuser ohne Restaurant und Klimaanlage – je Beschäftigten	100 – 400
Kaufhäuser mit Restaurant und Klimaanlage – je Beschäftigten	500 – 1.000
Gaststätten – Tag-Bett	15 – 20
Hotels – Tag-Bett	200 – 600
Campingplätze – Standort-Tag	200
Sporthäfen – Liegeplatz-Tag	200
Autobahnrastanlage – Sitzplatz-Tag	200

Siedlungsgröße	Häusliches Schmutzwasser
[Einwohner]	[Liter pro Einwohner]
250.000	250 – 300
50.000 – 250.000	225 – 260
10.000 – 50.000	200 – 220
5.000 – 10.000	175 – 180
5.000	150
unter 5.000	70 – 150

Tabellen und Diagramme zu Berechnungsbeispielen

Werte für die charakteristischen Abflüsse K

Gebäudetypen	K-Wert
Unregelmäßig genutzte Gebäude wie Wohngebäude, Restaurants, Pensionen, Hotels, Bürogebäude etc.	0,5
Krankenhäuser, große gastronomische Objekte, Hotelobjekte etc.	0,7
Regelmäßig genutzte Gebäude wie Schulen, häufig genutzte Installationen wie in Wäschereien, öffentlichen Toiletten, Gemeinschaftsduschbädern etc.	1,0*
Installationen zur speziellen Nutzung wie Laboratorien in Industriebetrieben	1,2

* Falls keine anderen festgelegten Abflusswerte bekannt sind.

Anschlusswerte (DU) für Sanitärgegenstände (gemäß EN 12056-2:2000)

Für Einzelfallleitungsanlagen mit teilbefüllten Anschlussleitungen

Sanitärgegenstand		DU [l/s]	DU [m³/h]
Waschbecken, Sitzwaschbecken (Bidet)		0,5	1,8
Spülbecken, Haus-Geschirrspüler, Ausguss		0,8	2,88
Dusche ohne Stöpsel		0,6	2,16
Dusche mit Stöpsel		0,8	2,88
Waschmaschine bis 6 kg Wäsche		0,8	2,88
Waschmaschine bis 10 kg Wäsche		1,5	5,4
Gewerbliche bzw. industrielle Geschirrspüler		2,0**	7,2
Urinalbecken mit Druckspüler (einzeln)		0,5	1,8
Bis zu 2 Urinalbecken		0,5	1,8
Bis zu 4 Urinalbecken		1	3,6
Bis zu 6 Urinalbecken		1,5	5,4
Pro weitere 2 Urinalbecken		0,5	1,8
Bodenablauf:	DN 50	0,8	2,88
	DN 70	1,5	5,4
	DN 100	2,0	7,2
WC mit 6 l Spülkasten		2,0	7,2
WC mit 7,5 l Spülkasten		2,0	7,2
WC mit 9 l Spülkasten		2,5	9
Waschbecken zur Fußpflege		0,5	1,8
Badewanne		0,8	2,88

** Bitte beachten Sie die Herstellerangaben.

Wasserverbrauchszahlen (nach DIN 1986-100, Tabelle 4)

Einsatzfall	von ... Liter	bis ... Liter
Ein-/Mehrfamilienhaus		
Trinken, Kochen, Reinigen, je Person/Tag	20	30
Wäsche waschen, je kg	25	75
Toilettenspülung, einmal	6	10
Wannenbad	150	250
Duschbad	40	140
Rasenberegnung, je m^2/Tag	1,5	3
Gemüseberegnung, je m^2/Tag	5	10
Hotel/Kommune		
Schule, je Person/Tag	5	6
Kaserne, je Person/Tag	100	150
Krankenhaus, je Person/Tag	100	650
Hotel, je Person/Tag	100	130
Öffentliches Schwimmbad, je m^3/Tag	450	500
Feuerhydrant, je Sekunde	5	10
Gewerbe/Industrie		
Schlachthaus, je Stück Großvieh	300	500
Schlachthaus, je Stück Kleinvieh	150	300
Wäscherei, je Waschstand	1000	1200
Brauerei, je Hektoliter Bier	250	500
Molkerei, je Liter Milch	0,5	4
Weberei, je kg Tuch	900	1000
Zuckerfabrik, je kg Zucker	90	100
Fleischfabrik, je kg Fleisch/Wurst	1	3
Papierfabrik, je kg feines Papier	1500	3000
Betonwerk, je m^3 Beton	125	150
Baugewerbe, je 1000 Ziegel mit Mörtel	650	750
Lebensmittelindustrie, je kg Stärke	1	6
Lebensmittelindustrie, je kg Margarine	1	3
Weberei, je kg Schafswolle	90	110
Bergbau, je kg Kohle	20	30
Landwirtschaft		
Großvieh, je Stück/Tag	50	60
Schaf, Kalb, Schwein, Ziege je Stück/Tag	10	20
Transport		
Reinigung Pkw	100	200
Reinigung Lkw	200	300
Reinigung eines Güterwagons	2000	2500
Reinigung eines Geflügelwagons	7000	30000

Verwendete Abkürzungen

Abkürzung	Bedeutung
D	Direkteinschaltung
DM	3-Phasen-Drehstrommotor
DN	Nennweite des Flanschanschlusses
EnEV	Energie-Einsparverordnung
f	Frequenz (Hz), Netzfrequenz mit der der Motor betrieben werden muss.
FI	Fehlerstrom-Schutzeinrichtung
GRD	Gleitringdichtung
GTW	spezielle Gussart: weißer Temperguss
°d H	Grad deutscher Wasserhärte, Einheit zur Beurteilung der Wasserhärte
H	Förderhöhe
I	Bemessungsstrom (A), die Stromaufnahme des Motors, wenn er mit Bemessungsleistung und Bemessungsspannung betrieben wird. Auf diesen Strom müssen die Überlasteinrichtungen eingestellt werden und er darf nicht überschritten werden.
I_{ST}	Anlaufstrom (A), Anlaufstrom des Motors bei direkter Einschaltung. Dieser Wert kann je nach Bauart des Motors zwischen 4fachem und 8fachem Bemessungsstrom liegen. Bei der Wahl des Kurzschlussschutzes ist auf diesen Wert zu achten.
I_A	Anlaufstrom
I_N	Bemessungsstrom (Strom bei P_2)
I_W	Stromaufnahme beim Leistungsbedarf der Welle PW
IF	Interface (Schnittstelle)
Inst.	Installation: H = horizontal, V = vertikal
Int. MS	Interner Motorschutz: Pumpen mit internem Schutz gegen unzulässig hohe Wicklungstemperatur
IR	Infrarot-Schnittstelle
KLF	Kaltleiterfühler
KTL-Beschichtung	Kathodische Elektro-Tauch-Lackierung (Kataphorese-Beschichtung): Lackierung mit hohem Haftvermögen für langanhaltenden Korrosionsschutz
n	Drehzahl (1/min), die Wellendrehzahl des Motors bei Bemessungsleistung
P_1	Leistungsaufnahme (kW), P_1 ist die elektrische Leistungsaufnahme des Motors bei Belastung mit Bemessungsleistung (P_2).
P_2	Bemessungsleistung (kW), die Leistung P oder auch P_2 beschreibt die mechanische Wellenleistung die der Motor maximal abgeben kann
P_N	Druckklasse in bar (z. B. PN10 = geeignet bis 10 bar)
PT 100	Platin-Temperaturfühler mit einem Widerstandswert von 100 bei 0 °C
Q (=) V	Förderstrom
RV	Rückflussverhinderer
-S	Schwimmerschalter angebaut
SBM	Betriebsmeldung bzw. Sammelbetriebsmeldung
SF	Servicefaktor, der Servicefaktor beschreibt eine eventuelle Leistungsreserve des Motors. Beispiel: SF 1,1 bedeutet, dass ein Motor mit Bemessungsleistung von 110 kW nur mit 100 kW ausgezeichnet und betrieben wird. Der Motor hat bei normalem Betrieb also eine Reserve von 10 %. Für diesen Fall werden meist zwei Ströme angegeben: FLA = full load amps = Strom bei reduzierter Leistung SFA = service factor amps = Strom bei Ausnutzung des Servicefaktors
SSM	Störmeldung bzw. Sammelstörmeldung
Steuereingang 0 – 10 V	Analogeingang zur externen Ansteuerung von Funktionen
U	Spannung (V), Bemessungsspannung des Motors, für die er ausgelegt ist. Beispiel: 400 V 3~: Der Motor muss bei direkter Einschaltung an einem 400 V Drehstromnetz betrieben werden. Bei Stern/Dreieck-Ausführung kann der Motor in Dreieck an 400 V- und in Stern an einem 690 V-Netz betrieben werden.
v	Geschwindigkeit
Y/Δ	Stern/Dreieckeinschaltung
η	Wirkungsgrad eta, der Motorwirkungsgrad beschreibt das Verhältnis zwischen abgegebener mechanischer und zugeführter elektrischer Leistung
cos φ	Leistungsfaktor, der Leistungsfaktor beschreibt das Verhältnis zwischen Wirkleistung und Scheinleistung

Formelsammlung

Förderstrom:

$$Q_2 = Q_1 \cdot \left(\frac{n_2}{n_1} \right)$$

Förderhöhe:

$$H_2 = H_1 \cdot \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2$$

Leistung:

$$P_2 = P_1 \cdot \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3$$

Im Folgenden sind Formeln zu finden, die beim Anschluss von Motoren häufig gebraucht werden.

Widerstand eines Leitungsstücks:

$$R = \frac{L}{\chi \cdot A} [\Omega]$$

Spannungsfall einer Drehstromleitung

Leistung bekannt:

$$\Delta U = \frac{L \cdot P}{\chi \cdot A \cdot U} [V]$$

Strom bekannt:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \frac{L \cdot I}{\chi \cdot A} \cos \varphi [V]$$

Leistungsverlust einer Drehstromleitung:

$$P_{Verl} = \frac{L \cdot P \cdot P}{\chi \cdot A \cdot U \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot \cos \varphi} [W]$$

Elektrische Leistung von Drehstrommotoren

Abgegebene Leistung:

$$P_1 = (1{,}73) \cdot U \cdot L \cdot \cos \varphi [W]$$

Stromaufnahme:

$$I = \frac{P_1}{(1{,}73) \cdot U \cdot \cos \varphi} [A]$$

Wirkungsgrad:

$$\eta = \frac{P_1}{P_2} \cdot (100\,\%)$$

Abkürzung	Beschreibung
Q	Förderstrom
n	Drehzahl
H	Förderhöhe
P	Leistung
P_1	Leistungsaufnahme des Motors
L	Länge des Leiters [m]
A	Querschnitt des Leiters [mm^2]
χ	Leitfähigkeit [$m/\Omega mm^2$]

Kupfer: $\chi = 57 \frac{m}{\Omega mm^2}$

Aluminium: $\chi = 33 \frac{m}{\Omega mm^2}$

Eisen: $\chi = 8{,}3 \frac{m}{\Omega mm^2}$

Zink: $\chi = 15{,}5 \frac{m}{\Omega mm^2}$

Werkstofftabellen

Werkstoffbezeichnung	Bedeutung
1.4021	Chromstahl X20Cr13
1.4057	Chromstahl X17CrNi16-2
1.4112	Chromstahl X90CrMoV18
1.4122	Chromstahl X39CrMo17-1
1.4301	Chrom-Nickel-Stahl X5CrNi18-10
1.4305	Chrom-Nickel-Stahl X8CrNiS18-9
1.4306	Chrom-Nickel-Stahl X2CrNi19-11
1.4308	Chrom-Nickel-Stahl GX5CrNi19-10
1.4401	Chrom-Nickel-Molybdän-Stahl X5CrNiMo17-12-2
1.4408	Chrom-Nickel-Molybdän-Stahl GX5CrNiMo19-11-2
1.4462	Chrom-Nickel-Molybdän-Stahl X2CrNiMoN22-5-3
1.4470	Chrom-Nickel-Molybdän-Stahl GX2CrNiMoN22-5-3
1.4517	Chrom-Nickel-Molybdän-Stahl mit Kupferzusatz GX2CrNiMoCuN25-6-3-3
1.4541	Chrom-Nickel-Stahl mit Titanzusatz X6CrNiTi18-10
1.4542	Chrom-Nickel-Stahl mit Kupfer- und Niobzusatz X5CrNiCuNb16-4
1.4571	Chrom-Nickel-Stahl mit Titanzusatz X6CrNiMoTi17-12-2
1.4581	Chrom-Nickel-Molybdän-Stahl mit Niobzusatz GX5CrNiMoNb19-11-2
Abrasit	Hartgusswerkstoff für den Einsatz in stark abrasiven Medien
Al	Leichtmetall-Werkstoff (Aluminium)
Ceram	Keramikbeschichtung; Beschichtung mit sehr hohem Haftvermögen, Schutz vor Korrosion und Abrassion
Composite	hochfestes Kunststoffmaterial
EN-GJL	Grauguss (Gusseisen mit lamellarem Graphit)
EN-GJS	Grauguss (Gusseisen mit Kugelgraphit, auch Sphäroguss genannt)
G-CuSn10	zinkfreie Bronze
GFK	Glasfaserkunststoff
GG	siehe EN-GJL
GGG	siehe EN-GJS
Inox	rostfreier Stahl
NiAl-Bz	Nickel-Aluminium-Bronze
Noryl	glasfaserverstärkter Kunststoff
PE-HD	Polyethylen mit hoher Dichte
PP-GF30	Polypropylen, verstärkt mit 30 % Glasfaser
PUR	Polyurethan
SiC	Silizium-Karbid
St	Stahl
St.vz.	Stahl verzinkt
V2A	(A2) Werkstoffgruppe, z. B. 1.4301, 1.4306
V4A	(A4) Werkstoffgruppe, z. B. 1.4404, 1.4571

Beständigkeitstabelle Ceram 0

Medium	Temperatur	Faktor
Säuren		
5 % Salpetersäure	+20 °C	3
5 % Salzsäure	+20 °C	2
10 % Salzsäure	+20 °C	2
20 % Salzsäure	+20 °C	3
10 % Schwefelsäure	+20 °C	2
20 % Schwefelsäure	+20 °C	3
Laugen und Bleichen		
Abwasser alkalisch (pH 11)	+20 °C	1
Abwasser alkalisch (pH 11)	+40 °C	1
Abwasser leicht sauer (pH 6)	+20 °C	1
Abwasser leicht sauer (pH 6)	+40 °C	1
Abwasser stark sauer (pH 1)	+20 °C	2
Abwasser stark sauer (pH 1)	+40 °C	3
5 % Ammoniumhydroxid	+40 °C	3
5 % Natronlauge	+20 °C	1
5 % Natronlauge	+50 °C	2
10 % Natriumchloridlösung	+20 °C	1
Andere Verbindungen		
Decanol (Fettalkohol)	+20 °C	1
Decanol (Fettalkohol)	+50 °C	1
40 % Ethanol	+20 °C	1
96 % Ethanol	+20 °C	3
Ethylenglykol	+20 °C	1
Heizöl/Diesel	+20 °C	1
Kompressorenöl	+20 °C	1
Methylethylketon (MEK)	+20 °C	3
Toluol	+20 °C	2
Wasser (Kühl-/Brauchwasser)	+50 °C	1
Xylol	+20 °C	1

1 = beständig; 2 = kurzfristig beständig; 3 = überlaufbeständig, sofortige Reinigung; 4 = nicht für direkten Kontakt empfohlen

Beständigkeitstabelle Ceram 1

Medium	Faktor
Säuren	
5 % Salpetersäure	1
10 % Salpetersäure	3
5 % Salzsäure	1
10 % Salzsäure	2
20 % Salzsäure	3
10 % Schwefelsäure	2
20 % Schwefelsäure	3
5 % Phosphorsäure	1
20 % Phosphorsäure	3
Laugen und Bleichen	
5 % Ammoniak	2
28 % Ammoniumhydroxid	1
6 % Fixiersalz	1
10 % Natronhydroxid	1
50 % Natronhydroxid	1
5 % Seifenlösung	1
Zementmörtel/Beton	1
Andere Verbindungen	
Abwasser	1
Bunker C	1
Dieselöl	1
Isopropanolalkohol	1
Kerosin	1
Naphtha	1
Toluen	1
Salzwasser	1
Xylol	1

1 = beständig; 2 = kurzfristig beständig; 3 = überlaufbeständig, sofortige Reinigung; 4 = nicht für direkten Kontakt empfohlen

Getestet bei 20 °C. Muster 12 Tage lang bei 20 °C ausgehärtet. Längeres Aushärten verbessert die chemische Widerstandsfähigkeit.

Beständigkeitstabelle Ceram 2

Medium	Faktor
Säuren	
5 % Essigsäure	2
20 % Essigsäure	4
5 % Salzsäure	1
10 % Salzsäure	2
20 % Salzsäure	3
10 % Schwefelsäure	1
20 % Schwefelsäure	2
Laugen und Bleichen	
28 % Ammoniumhydroxid	1
6 % Fixiersalz	1
10 % Natronlauge	1
30 % Natronlauge	1
10 % Kaliumhydroxid	1
50 % Kaliumhydroxid	1
Andere Verbindungen	
Abwasser	1
Bunker C	1
Diesel	1
Isopropanolalkohol	1
Kerosin	1
Naphtha	1
Toluen	1
Salzwasser	1
Xylen	1

1 = beständig; 2 = kurzfristig beständig; 3 = überlaufbeständig, sofortige Reinigung; 4 = nicht für direkten Kontakt empfohlen

Getestet bei 20 °C. Muster 7 Tage lang bei 20 °C ausgehärtet. Längeres Aushärten verbessert die chemische Widerstandsfähigkeit.

Beständigkeitstabelle Ceram 3

Medium	Faktor
Säuren	
5 % Essigsäure	2
20 % Essigsäure	4
5 % Salzsäure	1
10 % Salzsäure	2
20 % Salzsäure	3
10 % Schwefelsäure	1
20 % Schwefelsäure	2
Laugen und Bleichen	
28 % Ammoniumhydroxid	1
6 % Fixiersalz	1
10 % Natronlauge	1
30 % Natronlauge	1
10 % Kaliumhydroxid	1
50 % Kaliumhydroxid	1
Andere Verbindungen	
Abwasser	1
Bunker C	1
Diesel	1
Isopropanolalkohol	1
Kerosin	1
Naphtha	1
Toluen	1
Salzwasser	1
Xylen	1

1 = beständig; 2 = kurzfristig beständig; 3 = überlaufbeständig, sofortige Reinigung; 4 = nicht für direkten Kontakt empfohlen

Getestet bei 20 °C. Muster 7 Tage lang bei 20 °C ausgehärtet. Längeres Aushärten verbessert die chemische Widerstandsfähigkeit.

Fehleranalyse

	Mängelursache	Wirkung
Zulaufbereich	Der Zulauf der Pumpe ist nicht luftblasenfrei	• Lufteintrag durch Einlaufstrahl • Lufteintrag durch Belüftung • Lufteintrag durch Wirbelbildung • Lufteintrag durch zu starke Absenkung des Wasserspiegels • Lufteintrag durch turbulente Zuströmung • unruhiger Lauf, starke Schwingungen, Schraubenverbindungen können sich lockern oder reißen ab. • geringe Lebensdauer der Pumpe • insbesondere Lagerung und Abdichtung der Pumpe zeigen bereits nach kurzer Laufzeit Beschädigungen
	Schwieriges Fördermedium	• Förderstrom reißt ab • zu hohe Temperatur, thermische Belastung der Wicklung wird zu hoch • aggressives Fördermedium, Werkstoffe werden angegriffen • stark verschleißendes Fördermedium (Sandanteil ist sehr hoch), Verschleiß an Laufrad und Pumpengehäuse • spezifisches Gewicht ist höher als 1 kg/dm^3, Antrieb überlastet • Zähigkeit > 1,5 – 10 – 06 m^2/s, Antrieb überlastet, höhere Reibungsverluste • Feststoffkonzentration zu hoch, Förderstrom reißt ab • sperrige Stoffe, Blockieren des Laufrades
	Ungünstiger Pumpensumpf	• Wasservolumen zu klein, Schalthäufigkeit zu groß • Wasservolumen zu groß, Abwasser fault – Gasbildung • zu geringe Neigung zum Pumpeneinlauf, Feststoffe lagern sich ab und werden nicht gefördert
	Fehlerhafte Niveauschaltung	• Schaltdifferenz zu gering, zu hohe Schalthäufigkeit • Schaltdifferenz zu groß, Bilden von Ablagerungen und Faulprozessen • Ausschaltkontakt zu niedrig, Lufteintrag in Pumpe, evtl. Kavitation • Kontaktgeber fehlerhaft oder nicht ordentlich befestigt, Flatter-kontakt; unkontrolliertes Ein- und Ausschalten der Pumpe
	Störungen in Saugleitung	• Saugleitung zu lang und mit zu geringem Durchmesser, hohe Reibungsverluste, evtl. Kavitation, Verstopfungsgefahr • Saugleitung mit Hochpunkt (nicht stetig steigend) • unregelmäßige Förderung • Gefahr des Trockenlaufs • Verstopfung in Saugleitung oder saugseitigem Schieber, geschlossener Trockenlauf der Pumpe, Pumpe läuft sehr unruhig; Schäden an Lagern, Schrauben und Abdichtung

	Mängelursache	Wirkung
Pumpe	Wasserüberdeckung zu niedrig	• Lufteintrag in Pumpe, evtl. Kavitation
	Die Pumpe ist nicht schwingungs-frei und stoßfrei aufgestellt	• Erschütterungen der Pumpe durch äußere Bauteile (z. B. schwingende Unterlage usw.) • die Pumpe ist nicht befestigt, nur locker befestigt oder schlägt gegen andere Bauteile, unruhiger Lauf, starke Schwingungen • geringe Lebensdauer, Lagerung und Abdichtung der Pumpe zeigen bereits nach kurzer Laufzeit Beschädigungen
	Die Pumpe läuft in einem ungünstigen Betriebspunkt	• der Betriebspunkt liegt auf dem extremen linken Bereich der Kennlinie (äußerst geringer Förderstrom), hohe Verstopfungsgefahr, wegen zu geringer Fließgeschwindigkeit, evtl. Kavitation, unruhiger Lauf, geringe Lebensdauer, schlechter Wirkungsgrad. • der Betriebspunkt liegt auf dem extremen rechten Bereich der Kennlinie (sehr großer Förderstrom), evtl. Kavitation, unruhiger Lauf, geringe Lebensdauer, schlechter Wirkungsgrad • der Betriebspunkt liegt im Kavitationsbereich
	Die Pumpe verstopft oder blockiert	• Fließgeschwindigkeit zu gering • Spaltringspiel zu eng • sperrige Teile im Fördermedium
	Der elektrische Anschluss ist mangelhaft	• falsche Drehrichtung, sehr unruhiger Lauf • Phasenausfall, Wicklungsschaden • Schützkontakte verschmort, Wicklungsschaden • Adern nicht fest angeschraubt, Wackelkontakt evtl. Wicklungsschaden • Motorschutz zu niedrig eingestellt, Motorschutz löst aus • Sicherungen klein, Sicherungen lösen aus • Sicherungen nicht fest verschraubt, Phasenausfall • Kabel im Wasserbereich beschädigt, Wasser im Klemmenraum des Motors • falscher Anschluss bei Stern-Dreieck-Anlauf • starke Über- bzw. Unterspannung, Motorschutz löst aus
Druckleitung	ungünstige Anordnung der Rückschlagorgane	• vertikale Anordnung, Blockieren oder Flattern der RV-Klappe durch Ablagerungen • RV nicht entlüftet, Pumpe fördert nicht wegen Lufteinschluss
	Druckrohrleitung schwingungs-technisch nicht von Pumpe getrennt	• ungünstige Anordnung der Druckrohrleitung, Druckrohrleitung schwingt stark • Druckrohrleitung nicht ausreichend befestigt und abgestützt, Druckrohrleitung schwingt stark • Druckrohrleitung unmittelbar an Pumpe ohne Kompensator angeschlossen
	ungünstiger Anschluss der Druck-rohrleitung an Sammelleitung	• Ablagerungen in der Sammelleitung können in RV und Pumpe gelangen, Verschleiß und evtl. Blockieren des RV

Die WILO SE hat alle Texte in dieser Unterlage mit großer Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht ausgeschlossen werden. Eine Haftung des Herausgebers, gleich aus welchem Rechtsgrund, ist ausgeschlossen.

Redaktionsteam
Holger Bammert, Wolf Dieter Börner, Thomas Ebert, Thomas Federbusch, Detlef Fuchs, Mario Hübner, Rainer Jahn, Frank Kleine-Benne, Stephan Köhler, Stefan Langguth, Edgar Langheinrich, Gerhard Petzoldt, Marcus Seiler,

Copyright 2008 by WILO SE, Dortmund (Hrsg. Wilo-Brain)
Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung der WILO SE unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmung, Bearbeitung sonstiger Art sowie für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen. Dies gilt auch für die Entnahme von einzelnen Abbildungen und bei auszugsweiser Verwendung von Texten.

1. Auflage 2008

WILO
Pumpen Intelligenz.

WILO SE
Nortkirchenstraße 100
44263 Dortmund
Germany
T 0231 4102-0
F 0231 4102-7363
wilo@wilo.de
www.wilo.de

WILO EMU GmbH
Heimgartenstraße 1
95030 Hof
Germany
T 09281 974-0
F 09281 96528
info@wiloemu.de
www.wiloemu.com

Wilo-Vertriebsbüros in Deutschland

G1 Nord
WILO SE
Vertriebsbüro Hamburg
Beim Strohhause 27
20097 Hamburg
T 040 5559490
F 040 55594949
hamburg.anfragen@wilo.de

G2 Ost
WILO SE
Vertriebsbüro Berlin
Juliusstraße 52–53
12051 Berlin-Neukölln
T 030 6289370
F 030 62893770
berlin.anfragen@wilo.de

G3 Sachsen/Thüringen
WILO SE
Vertriebsbüro Dresden
Frankenring 8
01723 Kesselsdorf
T 035204 7050
F 035204 70570
dresden.anfragen@wilo.de

G4 Südost
WILO SE
Vertriebsbüro München
Landshuter Straße 20
85716 Unterschleißheim
T 089 4200090
F 089 42000944
muenchen.anfragen@wilo.de

G5 Südwest
WILO SE
Vertriebsbüro Stuttgart
Hertichstraße 10
71229 Leonberg
T 07152 94710
F 07152 947141
stuttgart.anfragen@wilo.de

G6 Rhein-Main
WILO SE
Vertriebsbüro Frankfurt
An den drei Hasen 31
61440 Oberursel/Ts.
T 06171 70460
F 06171 704665
frankfurt.anfragen@wilo.de

G7 West
WILO SE
Vertriebsbüro Düsseldorf
Westring 19
40721 Hilden
T 02103 90920
F 02103 909215
duesseldorf.anfragen@wilo.de

Kompetenz-Team Gebäudetechnik

WILO SE
Nortkirchenstraße 100
44263 Dortmund
T 0231 4102-7516
T 01805 R•U•F•W•I•L•O* 7•8•3•9•4•5•6
F 0231 4102-7666

Erreichbar Mo–Fr von 7–18 Uhr.

– Antworten auf
  – Produkt- und Anwendungsfragen
  – Liefertermine und Lieferzeiten
– Informationen über Ansprechpartner vor Ort
– Versand von Informationsunterlagen

Kompetenz-Team Kommune Bau + Bergbau

WILO EMU GmbH
Heimgartenstraße 1
95030 Hof
T 09281 974-550
F 09281 974-551

Werkskundendienst Gebäudetechnik Kommune Bau + Bergbau Industrie

WILO SE
Nortkirchenstraße 100
44263 Dortmund
T 0231 4102-7900
T 01805 W•I•L•O•K•D* 9•4•5•6•5•3
F 0231 4102-7126

Erreichbar Mo–Fr von 7–17 Uhr.
Wochenende und feiertags 9–14 Uhr elektronische Bereitschaft mit Rückruf-Garantie!

– Kundendienst-Anforderung
– Werksreparaturen
– Ersatzteilfragen
– Inbetriebnahme
– Inspektion
– Technische Service-Beratung
– Qualitätsanalyse

Wilo-International

Österreich
Zentrale Wien:
WILO Handelsgesellschaft mbH
Eitnergasse 13
1230 Wien
T +43 507 507-0
F +43 507 507-15

Vertriebsbüro Salzburg:
Gnigler Straße 56
5020 Salzburg
T +43 507 507-13
F +43 507 507-15

Vertriebsbüro Oberösterreich:
Trattnachtalstraße 7
4710 Grieskirchen
T +43 507 507-26
F +43 507 507-15

Schweiz
EMB Pumpen AG
Gerstenweg 7
4310 Rheinfelden
T +41 61 83680-20
F +41 61 83680-21

Standorte weiterer Tochtergesellschaften

Argentinien, Aserbaidschan, Belarus, Belgien, Bulgarien, China, Dänemark, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Großbritannien, Irland, Italien, Kanada, Kasachstan, Korea, Kroatien, Lettland, Libanon, Litauen, Niederlande, Norwegen, Polen, Portugal, Rumänien, Russland, Saudi-Arabien, Schweden, Serbien und Montenegro, Slowakei, Slowenien, Spanien, Südafrika, Taiwan, Tschechien, Türkei, Ukraine, Ungarn, Vereinigte Arabische Emirate, Vietnam, USA

Die Adressen finden Sie unter **www.wilo.de** oder **www.wilo.com**.

Stand August 2008

* 14 Cent pro Minute aus dem deutschen Festnetz der T-Com. Bei Anrufen aus Mobilfunknetzen sind Preisabweichungen möglich.

Technische Änderungen vorbehalten.
299046/10T/0810/D/PRS